



Escuela
Politécnica
Superior

Estudio comparativo de la envolvente de un edificio en el nuevo DB HE 2018



Grado en Arquitectura Técnica

Trabajo Fin de Grado

Autor:
Adrián Simarro Martínez

Tutor/es:
Encarnación García González

Julio 2019



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA ENVOLVENTE DE UN EDIFICIO EN EL NUEVO DB HE 2018

Grado en Arquitectura Técnica

Trabajo Final de Grado

Autor:

Adrián Simarro Martínez

Tutora:

Encarnación García González

Julio 2019

Universidad de Alicante

RESUMEN

El Código Técnico de la edificación sufre continuas actualizaciones con la finalidad de mejorar la calidad de las viviendas, reduciendo las emisiones y alcanzando una certificación energética idónea. Es por ello que uno de los documentos más importantes, como es el DB-HE 2013 (Ministerio de Fomento, 2013), ha desarrollado una actualización en el año 2018 en la que se producen una serie de modificaciones que afectan principalmente al HE-0 y al HE-1.

Lo que se pretende con este trabajo es estudiar las modificaciones que se plantean en el nuevo DB-HE de 2018 para describirlas, analizarlas y ver cómo afectan al cálculo, a la construcción y al coste de la envolvente de un edificio. Para ello, se seleccionan varios sistemas constructivos de envolventes en edificaciones y se utiliza la herramienta de trabajo Hulc para someterlos a estudio. Esta herramienta es válida para realizar simulaciones energéticas con múltiples posibilidades.

La finalidad del trabajo es analizar los datos obtenidos para realizar una comparación entre el DB HE 2013 y la modificación aprobada en el año 2018 para ver si se modifican o no espesores de aislamientos, sistemas constructivos, nuevas condiciones de ejecución de las envolventes y los factores a tener en cuenta en el cálculo de la envolvente térmica.

Palabras clave: DB HE, eficiencia energética, aislantes térmicos, construcción, consumo y demanda energética.

ABSTRACT

The Technical Building Code undergoes continuous updates with the aim of improving the quality of homes, reducing emissions and reaching a suitable energy certification. That is why one of the most important documents, such as the DB-HE 2013 (Ministry of Public Works, 2013), has developed an update in 2018 in which a series of modifications are produced that mainly affect the HE-0 and HE-1.

What is intended with this work is to study the modifications that are proposed in the new DB-HE 2018 to describe, analyze and see how they affect the calculation, the construction and the cost of the envelope of a building. To do this, several building envelope systems are selected in buildings and the Hulec work tool is used to study them. This tool is valid to perform energy simulations with multiple possibilities.

The purpose of the work is to analyze the data obtained to make a comparison between the DB HE 2013 and the modification approved in 2018 to see whether or not insulation thicknesses are modified, construction systems, new conditions of execution of the envelopes and the factors to take into account in the calculation of the thermal envelope.

Keywords: DB HE, energy efficiency, thermal insulators, construction, consumption and energy demand.

AGRADECIMIENTOS

Después de unos años en la Universidad de Alicante, es momento de poner punto final a esta etapa. Una etapa llena de alegrías y decepciones, pero que la guardaré como la mejor etapa de mi vida.

En primer lugar, agradecer a Encarna el hecho de haberme prestado su tiempo para la elaboración de este trabajo. También agradecer a Joaquín su implicación, paciencia y ayuda, cuando la he necesitado.

A los profesores del Grado en Arquitectura Técnica que han formado parte de mis años en la universidad y, sobre todo, a mis compañeros. Este camino no habría sido lo mismo sin la presencia de ellos.

Dar las gracias a todos mis amigos y familia por haber estado apoyándome cuando más lo he necesitado.

Finalmente, dar las gracias a Carmen por haber vivido a mi lado esta etapa, siendo el mejor apoyo que he podido tener.

¡Muchas gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	12
1.-INTRODUCCIÓN y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	13
2.-MARCO TEÓRICO	14
3.-OBJETIVOS	18
4.-METODOLOGÍA.....	19
5.-DB-HE 2018. MODIFICACIONES.....	20
5.1.-Coeficiente Global de Transmisión de Calor “K” (HE-1)	21
5.2.-Demanda límite (HE-1)	22
5.3.-Consumo de energía primaria No Renovable (HE-0)	22
6.-ENVOLVENTE DE UN EDIFICIO	24
6.1.-Definición.....	24
6.2.-Selección del modelo de vivienda sometido a estudio	25
6.3.-Zona climática.....	27
6.4.-Transmitancias límites	27
6.5.-Transmitancias recomendadas.....	28
6.6.-Selección de tipologías de cerramiento sometidas a estudio	29
6.7.-Selección del tipo de aislamiento para los sistemas constructivos.....	29
6.7.1.-Poliestireno extrusionado (XPS)	30
6.7.2.-Lana mineral (LM).....	31

6.7.3.-Poliestireno expandido (EPS).....	32
6.7.4.-Poliuretano proyectado (PUR).....	33
6.8.-Definición de las características de la vivienda	34
7.-DESARROLLO DEL ESTUDIO	35
7.1.-DISTINTA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	35
7.1.1.-Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + XPS + Ladrillo Hueco	40
7.1.2.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + LM + Ladrillo Hueco	44
7.1.3.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + EPS + Ladrillo Hueco	48
7.1.4.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + PUR + Ladrillo Hueco	52
7.1.5.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + XPS + Ladrillo Hueco.....	56
7.1.6.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + LM+ Ladrillo Hueco	60
7.1.7.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + EPS + Ladrillo Hueco.....	64
7.1.8.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + PUR + Ladrillo Hueco.....	68
7.2.-ESTUDIO REALIZADO CON LA MISMA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.....	72
7.2.1.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + Aislamiento + Ladrillo Hueco.....	73
7.2.2.- Análisis de una fachada con Ladrillo Revestido + Aislamiento + Ladrillo Hueco.....	77
8.-ESTUDIO ECONÓMICO DE LOS AISLAMIENTOS TÉRMICOS.....	81
8.1.1.-Fachada de Poliestireno Extrusionado (XPS).....	83
8.1.2.-Fachada de Lana Mineral (LM)	86
8.1.3- Fachada de Poliestireno Expandido (EPS)	89
8.1.4.-Fachada de Poliuretano Proyectado (PUR)	92
8.1.5.-Fachada con aislamiento genérico de conductividad térmica 0,032W/mK	95
9.-ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	99
10.-CONCLUSIONES.....	106
11.-BIBLIOGRAFÍA	110
12.-ANEXOS.....	111

12.1.-SECCIÓN 1 CON POLIESTIRENO EXTRUSIONADO (XPS)	112
12.2.-SECCIÓN 2 CON LANA MINERAL (LM)	113
12.3.-SECCIÓN 3 CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).....	114
12.4.-SECCIÓN 4 CON POLIURETANO PROYECTADO (PUR)	115
12.5.-SECCIÓN 5 CON POLIESTIRENO EXTRUSIONADO (XPS)	116
12.6.-SECCIÓN 6 CON LANA MINERAL (LM)	117
12.7.-SECCIÓN 7 CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).....	118
12.8.-SECCIÓN 8 CON POLIURETANO PROYECTADO (PUR)	119
12.9.-SECCIÓN 9 CON AISLAMIENTO GENÉRICO	120
12.10.- SECCIÓN 10 CON AISLAMIENTO GENÉRICO	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1 Código Técnico	13
Fig 2 Desastre del Prestige en Galicia	16
Fig 3 Evolución del consumo del petróleo en España	16
Fig 4 Consumo de energía primaria en España 2010-2017	17
Fig 5 Metodología	19
Fig 6 Aspectos más importantes del DB HE 2018	20
Fig 7 Envolvente de un edificio	24
Fig 8 Plano de la vivienda.....	25
Fig 9 Planta baja habitable Fig 10 Planta cubierta no habitable.....	26
Fig 11 Vivienda unifamiliar sometida a estudio.....	26
Fig 12 Mapa provincia de Alicante.....	27
Fig 13 Composición de fachada caravista	29
Fig 14 Composición de fachada revestida	29
Fig 15 Aislamiento térmico de XPS	30
Fig 16 Aislamiento térmico de LM	31

Fig 17 Facilidad de manipulación LM.....	31
Fig 18 Aislamiento térmico de EPS	32
Fig 19 Aislamiento térmico de PUR	33
Fig 20 Equipos seleccionados en Hulc	34
Fig 21 Rango de conductividad térmica de los materiales aislantes	35
Fig 22 Sección 1: CV + XPS + LH.....	40
Fig 23 Cumplimiento HE1 2013. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 5cm)	40
Fig 24 Cumplimiento HE0 2013. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 5cm)	41
Fig 25 Cumplimiento HE1 2018. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm) ..	41
Fig 26 Cumplimiento HE1 2018. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm) ..	42
Fig 27 Cumplimiento HE0 2018. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm) ..	42
Fig 28 Certificación energética Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)	43
Fig 29 Sección 2: CV + LM + LH	44
Fig 30 Cumplimiento HE1 2013. Sección 2: CV + LM+ LH (espesor aislante = 5cm).....	44
Fig 31 Cumplimiento HE0 2013. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 5cm).....	45
Fig 32 Cumplimiento HE1 2018. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 11cm)...	45
Fig 33 Cumplimiento HE1 2018. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 11cm)...	46
Fig 34 Cumplimiento HE0 2018. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 11cm)...	46
Fig 35 Certificación energética Sección 2	47
Fig 36 Sección 3: CV + EPS + LH.....	48
Fig 37 Cumplimiento HE1 2013. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 4cm)	48
Fig 38 Cumplimiento HE0 2013. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 4cm)	49
Fig 39 Cumplimiento HE1 2018. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)	49
Fig 40 Cumplimiento HE1 2018. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)	50
Fig 41 Cumplimiento HE0 2018. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)	50
Fig 42 Certificación energética Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)	51
Fig 43 Sección 4: CV + PUR + LH.....	52
Fig 44 Cumplimiento HE1 2013. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 4cm) ...	52

Fig 45 Cumplimiento HE0 2013. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 4cm) ...	53
Fig 46 Cumplimiento HE1 2018. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) ...	53
Fig 47 Cumplimiento HE1 2018. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) ...	54
Fig 48 Cumplimiento HE0 2018. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) ...	54
Fig 49 Certificación energética Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)	55
Fig 50 Sección 5: LHT + XPS + LH	56
Fig 51 Cumplimiento HE1 2013. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 5cm) ..	56
Fig 52 Cumplimiento HE0 2013. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 5cm) ..	57
Fig 53 Cumplimiento HE1 2018. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)	57
Fig 54 Cumplimiento HE1 2018. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)	58
Fig 55 Cumplimiento HE0 2018. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)	58
Fig 56 Certificación energética Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm) ..	59
Fig 57 Sección 6: LHT + LM + LH	60
Fig 58 Cumplimiento HE1 2013. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 5cm) ...	60
Fig 59 Cumplimiento HE0 2013. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 5cm) ...	61
Fig 60 Cumplimiento HE1 2018. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm) .	61
Fig 61 Cumplimiento HE1 2018. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm) .	62
Fig 62 Cumplimiento HE0 2018. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm) .	62
Fig 63 Certificación energética Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm) ...	63
Fig 64 Sección 7: LHT + EPS + LH	64
Fig 65 Cumplimiento HE1 2013. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 4cm) ..	64
Fig 66 Cumplimiento HE0 2013. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 4cm) ..	65
Fig 67 Cumplimiento HE1 2018. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm) ..	65
Fig 68 Cumplimiento HE1 2018. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm) ..	66
Fig 69 Cumplimiento HE0 2018. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm) ..	66
Fig 70 Certificación energética Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)	67
Fig 71 Sección 8: LHT + PUR + LH	68
Fig 72 Cumplimiento HE1 2013. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 4cm) .	68

Fig 73 Cumplimiento HE0 2013. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 4cm) .	69
Fig 74 Cumplimiento HE1 2018. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) .	69
Fig 75 Cumplimiento HE1 2018. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) .	70
Fig 76 Cumplimiento HE0 2018. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) .	70
Fig 77 Certificación energética Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm) ...	71
Fig 78 Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH	74
Fig 79 Cumplimiento HE1 2013. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)	74
Fig 80 Cumplimiento HE0 2013. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)	75
Fig 81 Cumplimiento HE1 2018. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	75
Fig 82 Cumplimiento HE1 2018. Sección 9: 9cm de espesor	76
Fig 83 Cumplimiento HE0 2018. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	76
Fig 84 Certificación energética Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	77
Fig 85 Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH	78
Fig 86 Cumplimiento HE1 2013. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)	78
Fig 87 Cumplimiento HE0 2013. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)	79
Fig 88 Cumplimiento HE1 2018. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	79
Fig 89 Cumplimiento HE1 2018. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	80
Fig 90 Cumplimiento HE0 2018. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	80
Fig 91 Certificación energética Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)	81
Fig 92 Alzados de la vivienda	82

Fig 93 URSA F N-W E XPS	84
Fig 94 URSA Terra LM.....	87
Fig 95 Grafipol TR-32 EPS.....	91
Fig 96 Proyección del poliuretano	94
Fig 97 Evolución del precio del aislamiento del DB HE 2013 al DB HE 2018.	101
Fig 98 Variación de precio entre el DB HE 2013 y el 2018.....	102
Fig 99 Comparación de las secciones.....	103
Fig 100 Lana mineral	108
Fig 101 Precio de las fachadas caravista según DB HE 2018	108
Fig 102 Precio de las fachadas revestidas según DB HE 2018	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo de energía primaria en España 2010-2017	17
Tabla 2 Principales modificaciones en el DB-HE 2018.....	20
Tabla 3 Valor límite K_{lim} (W/m^2K) para uso residencial privado	21
Tabla 4 Valor límite K_{lim} (W/m^2K) para uso distinto del residencial privado.....	21
Tabla 5 Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético (DB-HE-0 2013).....	22
Tabla 6 Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ ($kw \cdot h/m^2 \cdot año$) para uso residencial privado	22
Tabla 7 Valor límite $C_{ep,Nren,lim}$ ($kw \cdot h/m^2 \cdot año$) para uso residencial privado	23
Tabla 8 Modificaciones producidas en el DB-HE 2018	23
Tabla 9 Cambios producidos en el Documento Básico (DB HE 2018)	23
Tabla 10. Zonas climáticas de la provincia de Alicante en función de su altitud	27
Tabla 11 Transmitancias límite	28
Tabla 12 Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U (W/m^2K)	28
Tabla 13 Valores de los puentes térmicos	34
Tabla 14 Material seleccionado en cada tipo de aislamiento	36

Tabla 15 Espesores comerciales de cada sección	39
Tabla 16 Solución Sección 1: CV + XPS + LH	43
Tabla 17 Solución Sección 2: CV + LM + LH	47
Tabla 18 Solución Sección 3: CV + EPS + LH	51
Tabla 19 Solución Sección 4: CV + PUR + LH	55
Tabla 20 Solución Sección 5: LHT + XPS + LH	59
Tabla 21 Solución Sección 6: LHT + LM + LH	63
Tabla 22 Solución Sección 7: LHT + EPS + LH	67
Tabla 23 Solución Sección 8: LHT + PUR + LH	71
Tabla 24 Espesores comerciales de cada sección	73
Tabla 25 Solución Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH	76
Tabla 26 Solución Sección 9: LHT + AISLAMIENTO + LH	80
Tabla 27 Precios del Poliestireno Extrusionado URSA	83
Tabla 28 Precio del XPS según DB HE 2013 y 2018	85
Tabla 29 Precio del Poliestireno extrusionado (XPS)	86
Tabla 30 Precios de Lana Mineral URSA	86
Tabla 31 Precio de la LM según DB HE 2013 y 2018	88
Tabla 32 Precio de la Lana Mineral (LM)	89
Tabla 33 Precios de Poliestireno Expandido Grupo Valero	89
Tabla 34 Precio del EPS según DB HE 2013 y 2018	91
Tabla 35 Precio del Poliestireno Expandido (EPS)	92
Tabla 36 Precios de Poliuretano Proyectado	92
Tabla 37 Precio del PUR según DB HE 2013 y 2018	94
Tabla 38 Precio del Poliuretano Proyectado (PUR)	95
Tabla 39 Precios del aislamiento genérico	96
Tabla 40 Precio del aislamiento genérico según DB HE 2013 y 2018	97
Tabla 41 Precio del Poliuretano Proyectado (PUR)	98
Tabla 42 Cumplimiento del HE 1 según DB HE 2013 y 2018	99

Tabla 43 Cumplimiento del HE 0 en 2013 y 2018	100
Tabla 44 Precio de cada uno de los aislamientos térmicos año 2013	100
Tabla 45 Precio de cada uno de los aislamientos térmicos año 2018	100
Tabla 46 Variación de precio entre el DB HE 2013 y el 2018	102
Tabla 47 Características ladrillo caravista	104
Tabla 48 Características ladrillo hueco triple	104
Tabla 49 Cantidad de ladrillos necesarios en cada fachada	105
Tabla 50 Precio de la hoja principal de las fachadas	105
Tabla 51 Precio de cada una de las tipologías constructivas según DB HE 2018	105
Tabla 52 Precio final de las fachadas de la vivienda sometida a estudio	106

ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

DB HE	Documento Básico de Ahorro de Energía
XPS	Poliestireno Extrusionado
LM	Lana Mineral
EPS	Poliestireno Expandido
PUR	Poliuretano Proyectado
ACS	Agua Caliente sanitaria
TFG	Trabajo de Fin de Grado
LH	Ladrillo hueco
LHT	Ladrillo Hueco Triple
CV	Ladrillo Caravista

1.-INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El Código Técnico, en su DB HE 2013 (Ministerio de Fomento, 2013) planteaba una serie de exigencias mínimas con respecto a la eficiencia energética. Estas eran de obligado cumplimiento, permitiendo a los edificios ser menos emisivos, y por lo tanto, más eficientes.

En el año 2018, aparece la nueva actualización del DB HE 2018 (Ministerio de Fomento, 2018), en la que se producen una serie de cambios, relativos a la demanda y el consumo energético, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética.



Fig 1 Código Técnico

Fuente: Blog de (Synthesia Technology, 2018)

Es por ello que en este TFG se analizan cuáles son los principales cambios producidos tras la actualización del nuevo código técnico 2018, que trae consigo unas nuevas exigencias, actualizadas periódicamente en un intervalo no superior a cinco años, las cuales han sido aprobadas por la directiva 2010/31/UE (DEEE).

¿Sabías que una vivienda desprovista de aislamiento térmico puede llegar a perder hasta un 80% de la energía que consume, por el simple hecho de carecer de aislamiento?

Esta pregunta se la plantea en su blog el arquitecto técnico Manuel García Peña (Certicalia, 2013) y es de vital importancia conocer que la parte más importante de la envolvente de un edificio es el aislamiento térmico, ya que actúa como barrera de protección ante los agentes externos.

Es por ello que una vivienda aislada térmicamente es más confortable, está más protegida y permite un mayor ahorro de energía.

A raíz de aquí, surge la necesidad de analizar cuáles serán las modificaciones a nivel de espesor de aislamientos surgidas tras la modificación del DB HE 2013. Probablemente el espesor de la envolvente aumente considerablemente, por lo que el precio final en la actualidad será mucho mayor que en el año 2013, de igual manera que la mejora energética será también mucho más elevada.

De esta manera, se pretende cuantificar económica y energéticamente cuáles son las modificaciones ocasionadas tras la actualización del DB HE 2013, que serán un factor relevante para la construcción de una vivienda nueva.

2.-MARCO TEÓRICO

El presente trabajo surge por la necesidad de conocer la incidencia del aislamiento térmico sobre la envolvente de una vivienda. Para ello, y con la ayuda del TFG *“Aislantes térmicos. Criterios de selección por requisitos energéticos”* (Palomo Cano, 2017), se ha realizado una investigación de todos aquellos materiales analizados, con la finalidad de conocer *“las condiciones de sostenibilidad y ahorro energético más óptimas en los edificios”*.

Los aspectos más relevantes de dicho TFG que han servido de apoyo para la realización de este mismo, son la información económica aportada sobre cada uno de los materiales analizados y el conocimiento de las conductividades térmicas que ofrecen los catálogos comerciales sobre sus materiales aislantes. Este último, permite comprender cuáles son las transmitancias térmicas más comunes que ofrece el mercado de la construcción.

Por otro lado, en un artículo de la revista de cerramientos en renovación y obra nueva (Martín, Asefave, Arroyo, & Asefave, 2015), se expone la eficiencia energética de los edificios a través del estudio de su envolvente. En él se conocen todas las normativas aprobadas, las claves de su implantación y cuáles son las medidas marcadas para alcanzar un consumo de energía casi nulo en los edificios. Además, no se deja de lado el papel fundamental que juega la propia persona en una vivienda para alcanzar una mejor eficiencia energética.

El hecho de realizar un estudio eficiencia energética viene motivado tras la realización de un curso de certificación energética de edificios con *“Lider-Calener Unificado (Hulc)”* a través de RBC Ingeniería, Arquitectura y Formación S.L. Gracias al curso y a los conocimientos proporcionados por el profesor Rafael Blanco Ocaña, aparece una motivación por realizar un avance a través de dicho programa, indagar e investigar todas sus funciones y llegar a formalizar un trabajo mediante la herramienta aprendida.

El libro *“Energía sin CO₂. Realidad o utopía”* (Menéndez, 2011), asesora y motiva al lector por el camino al que van dirigidos los cambios energéticos en los próximos años, esperándose un tránsito de la energía procedente de combustibles fósiles hacia las energías renovables. En él, se analizan las transformaciones sociales y económicas que ocasionará este tránsito, al igual que la repercusión sobre los recursos naturales, la agricultura, la alimentación y el cambio climático. A partir de él, la necesidad de concienciar a la humanidad de la utilización de energías renovables es mayor, por el bien de todos.

(García Arroyo, Arturo, 1976), en su último artículo de “Informes de la Construcción” habla sobre la aparición de una serie de mejoras con respecto a los materiales. Con ello se refiere a que con el paso de los años, van apareciendo mejores materiales, más ligeros, menos contaminantes y que mejoran el bienestar y confort de las viviendas. Pese a no ser un artículo reciente, destaca por ser un documento que sea cual sea el año en que se lea, siempre tiene razón, ya que el afán por alcanzar una mejora energética siempre va a estar presente.

Por último, la información facilitada por el TFG “La cubierta verde como alternativa económica y sostenible” (Borges Serradell, 2018) ha permitido servir de investigación para conocer la estructura de las cubiertas y realizar su análisis energético. Aunque definitivamente no se hayan analizado las cubiertas en este TFG, ha servido de base para realizar el mismo procedimiento que en sus cubiertas, pero adaptado a la herramienta Hulc y en fachadas, para, finalmente, obtener los resultados.

Realizando un análisis de la Historia de España, desde el inicio de la Revolución Industrial hasta la actualidad, la forma en la que se consume energía ha ido variando de manera significativa (Bejerano, 2013).

Debido a que en el siglo XVIII se desconocían los combustibles fósiles, el único recurso energético utilizado era la madera, utilizada para encender fuegos en las viviendas o industrias. Destacar la presencia del petróleo en este siglo con fines médicos, pero nunca a nivel energético.

Una vez alcanzado el siglo XIX, y tras el invento de la máquina de vapor, fue el carbón el combustible encargado de su funcionamiento. A finales del mismo siglo, surgen también la electricidad, el petróleo y el gas como nuevas fuentes energéticas, siendo estas dos últimas las que permiten ser el alimento principal de los motores de combustión para los aviones y automóviles.

A partir del siglo XX se produce un cambio de tendencia en el consumo de energías, momento en el que el carbón es desbancado por el petróleo como primera fuente de energía.

En la década de los 70 se produce la Crisis del Petróleo, concretamente en el año 1973, debido a la negativa de los países exportadores a ceder dicho petróleo a países que habían apoyado a Israel en la guerra.

A raíz de esta crisis, empiezan a aparecer las energías renovables como alternativa al petróleo. Esto es debido a una gran sensibilización por parte de la sociedad en contra de la contaminación, influenciada por algunos desastres debidos a vertidos o radiación.

Uno de los vertidos más importantes y que más sensibilizaron a la población española fue el vertido del Prestige en el año 2002, provocando en Galicia uno de los peores desastres ecológicos de la historia de España.



Fig 2 Desastre del Prestige en Galicia

Fuente: periódico El País y canal Historia

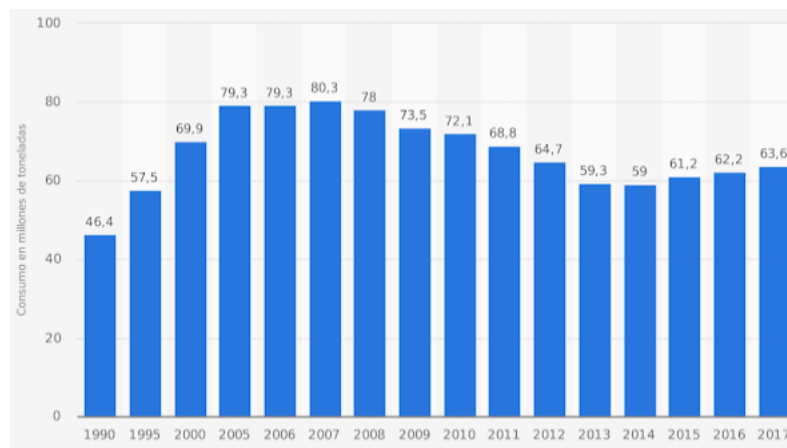


Fig 3 Evolución del consumo del petróleo en España

Fuente: Statista, <https://es.statista.com/estadisticas/501056/consumo-de-petroleo-en-espana/>

La crisis del petróleo afectó a España gravemente, pero fue recuperándose hasta alcanzar el máximo consumo en el año 2007, como se observa en el gráfico de la Fig 3, expresado en millones de toneladas consumidas.

Aunque en la actualidad se emplea mayoritariamente para generar electricidad, posee dos factores de gran importancia que inciden en su consumo. Por un lado está su precio, que llega a ser una buena ventaja, enfrentado a su gran desventaja, la contaminación ocasionada por las emisiones vertidas a la atmósfera.

En la actualidad, los combustibles más utilizados son el petróleo y el gas natural, observando en la Fig 4 la influencia que tiene cada uno de ellos sobre el total de consumo de energía primaria en España entre los años 2010 y 2017.

Tabla 1 Consumo de energía primaria en España 2010-2017

	Consumo de energía en España (%)							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Petróleo	48,5	44,9	41,6	43,7	42,9	42,3	44,2	43,8
Gas natural	23,3	22,3	21,7	21,5	20,0	19,9	20,3	21,4
Energías renovables	11,1	11,6	12,4	14,2	14,6	13,9	13,9	12,2
Nuclear	12,2	11,6	12,3	12,2	12,6	12,1	12,4	11,9
Carbón	6,4	9,6	11,9	8,7	10,1	11,6	8,5	10,5

Fuente: IDAE y MINETAD

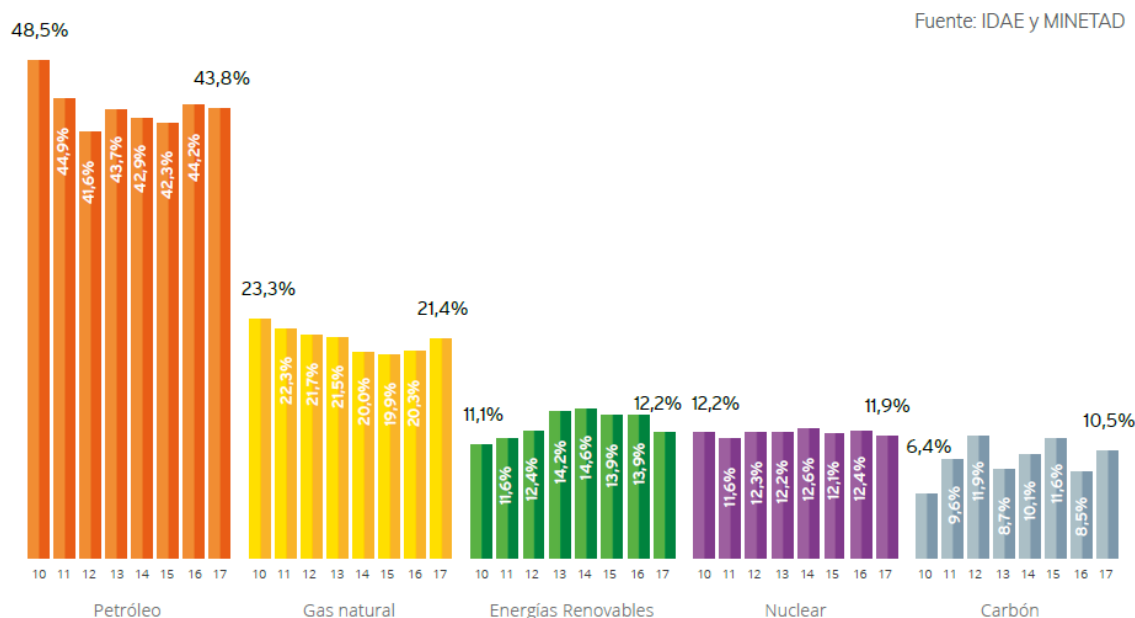


Fig 4 Consumo de energía primaria en España 2010-2017

Fuente: IDAE y MINETAD

Es por ello que el Plan de Energías Renovables tiene como objetivo alcanzar en el año 2020 como mínimo un 20% del consumo final bruto de energía en España procedente de fuentes de energías renovables. Aunque no es una tarea fácil, estas energías seguramente alcancen un lugar de privilegio con el paso de los años, que las sitúe como unas de las más utilizadas y más benévolas para el medio ambiente.

Respecto a las comunidades autónomas, es la Comunidad Valenciana una de las peores posicionadas en cuanto al consumo de energías renovables, por lo que es de vital importancia la concienciación por parte de la población del verdadero problema que estamos viviendo en la actualidad.

3.-OBJETIVOS

A continuación se definen los objetivos generales y específicos marcados en este TFG.

Objetivo general:

El objetivo general es realizar un estudio de la envolvente térmica de los edificios, analizando sus componentes y características, con la finalidad de conocer cuáles van a ser los cambios más importantes que se van a producir con la aplicación del nuevo documento básico DB-HE 2018.

Objetivos específicos:

- Estudiar las modificaciones del nuevo DB HE 2018.
- Analizar las tipologías constructivas más incidentes en la construcción.
- Conocer los materiales utilizados como aislamiento térmico.
- Describir una vivienda para someterla a estudio y ver de que manera influyen las modificaciones en la envolvente.
- Obtener el espesor mínimo de aislamiento en cada uno de los años analizados.
- Cuantificar económica y energéticamente el valor del aislamiento.

4.-METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este TFG y conseguir los objetivos planteados, se han desarrollado las siguientes fases:

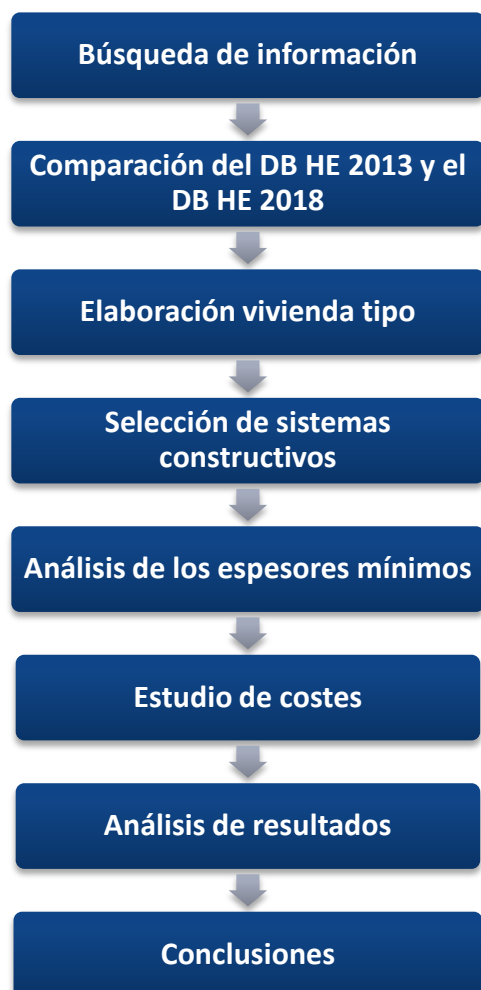


Fig 5 Metodología

Fuente: elaboración propia

En primer lugar, se ha realizado un proceso de búsqueda de fuentes bibliográficas, principalmente normativas. Además, también se ha recabado información general sobre el tema en cuestión, destacando tipologías constructivas, aislamientos térmicos y programas necesarios para el desarrollo del trabajo.

Una vez finalizada dicha búsqueda, se realiza una comparación del DB HE 2013 y DB HE 2018 para conocer cuáles son los aspectos modificados tras la nueva actualización.

Cuando ya se conocen los factores modificados, se ha procedido a elaborar una vivienda unifamiliar, trasladándola a la herramienta Hulg para poder analizarla. Además, en dicho programa se han definido una serie de tipologías constructivas con varios tipos de aislamientos.

Posteriormente se analizan los espesores mínimos para el cumplimiento de la normativa en cada uno de los respectivos años, permitiendo realizar un estudio del coste del aislamiento térmico.

Una vez que se han definido los espesores mínimos y el precio del aislamiento, se analizan los resultados, comparando los valores obtenidos con respecto al precio, el consumo y la demanda energética.

Finalmente, se han elaborado una serie de conclusiones obtenidas tras el estudio de las modificaciones producidas en el aislamiento térmico tras la actualización del nuevo DB HE 2018.

5.-DB-HE 2018. MODIFICACIONES

El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) está en continua actualización, de manera que surgen una serie de cambios que lo modifican y mejoran, permitiendo alcanzar un mayor ahorro energético. Es por eso que se van a analizar los últimos cambios producidos.

Por ello, en este TFG se pretende estudiar cómo afecta a los aislantes térmicos colocados en los cerramientos las nuevas modificaciones que entrarán en vigor con la actualización del DB HE.

A partir de su entrada en vigor, se pretende que los edificios tengan un consumo de energía muy reducido de acuerdo con lo establecido en el artículo 9 de la DEEE (Synthesia Technology, 2018).

Es importante destacar lo que dice Óscar Sánchez en su artículo sobre los materiales que van a mejorar o empeorar tras el nuevo Código Técnico (Sánchez, 2018), ya que las exigencias no se aplicarán a valores de las partes aisladas, sino que se intentará que el edificio tenga más prestaciones en todo su conjunto.

Aunque el documento se divide en diferentes capítulos, en este trabajo se analizan los documentos HE-0 y HE-1, que tratan sobre el consumo y la demanda energética de los edificios, reflejando una serie de cambios que afectarán a la envolvente del edificio.

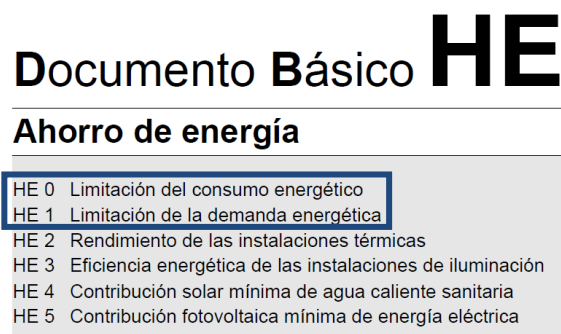


Fig 6 Aspectos más importantes del DB HE 2018

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

Para reflejar y cuantificar las modificaciones entre el año 2013 y 2018, se disponen los aspectos pertenecientes al HE-0 y después los del HE-1.

Tabla 2 Principales modificaciones en el DB-HE 2018

HE 0	HE 1
Limitación del consumo energético	Limitación de la demanda energética
Consumo de energía primaria no renovable	Coeficiente "K"
	Demanda límite

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

A continuación se van a explicar los aspectos más relevantes de cada una de las partes mencionadas en la Tabla 2.

5.1.-Coeficiente Global de Transmisión de Calor “K” (HE-1)

Una de las novedades del Documento Básico (DB HE 2018) es la aparición de un nuevo parámetro, el Coeficiente global de transmisión de calor “K”, que permite determinar cuál es la calidad de la envolvente del edificio y asegura una correcta demanda energética.

$$\frac{\text{Transmisión de calor en la envolvente y puentes térmicos}}{\text{Área total de intercambio energético de la envolvente térmica}}$$

La cual viene determinada por los valores de compacidad y zona climática, tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Valor límite K_{lim} (W/m^2K) para uso residencial privado

	Compacidad V/A (m^3/m^2)	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A \geq 4$	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.
 En el caso de ampliaciones, los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

Tabla 4 Valor límite K_{lim} (W/m^2K) para uso distinto del residencial privado

	Compacidad V/A (m^3/m^2)	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificio nuevos. Ampliaciones. Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.	$V/A \leq 1$	0,96	0,81	0,76	0,65	0,54	0,43
	$V/A \geq 4$	1,12	0,98	0,92	0,82	0,70	0,59

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

Una vez obtenida la compacidad e indicada la zona climática, se obtiene un valor K que será el límite para cumplir con la normativa.

5.2.-Demanda límite (HE-1)

Otro aspecto a tener en cuenta es la demanda límite de energía. En el Documento Básico HE 2013 se limita el consumo de energía primaria no renovable, por lo que la renovable se puede llegar a malgastar en exceso. El consumo límite de energía primaria no renovable está definido por la siguiente fórmula:

$$C_{ep,lim} = C_{ep,base} + \frac{F_{ep,sup}}{S}$$

Tabla 5 Valor base y factor corrector por superficie del consumo energético (DB-HE-0 2013)

	Zona climática de invierno					
	α	A*	B*	C*	D*	E*
$C_{ep,base}$ (kW·h/m ² ·año)	40	40	45	50	60	70
$F_{ep,sup}$	1000	1000	1000	1500	3000	4000

*Los valores de $C_{ep,base}$ para las zonas climáticas de invierno A, B, C, D y E de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla se obtendrán multiplicando los valores de $C_{ep,base}$ de esta tabla por 1,2.

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

5.3.-Consumo de energía primaria No Renovable (HE-0)

El HE-0 en el año 2013 únicamente limita el consumo de energía no renovable, mientras que en el 2018 sí que se limita el consumo de energía primaria total y el consumo de energía primaria no renovable.

Limitación del consumo de Energía Primaria Total

Tabla 6 Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ (kW·h/m²·año) para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado	55	75	80	90	105	115
En territorio extrapeninsular los valores de la tabla por 1,15						

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

Limitación del consumo de Energía Primaria No Renovable

Tabla 7 Valor límite $C_{ep,Nren,lim}$ ($kw \cdot h/m^2 \cdot año$) para uso residencial privado

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado	40	50	55	65	70	80
En territorio extrapeninsular los valores de la tabla por 1,25						

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2018)

Como se observa en edificios nuevos y ampliaciones, la principal característica es que el consumo de energía primaria no renovable es como máximo la mitad del consumo de energía primaria total.

Tabla 8 Modificaciones producidas en el DB-HE 2018

	DB-HE 2013	DB-HE 2018
HE-1	-	Coefficiente K
	$D_{límite}$	-
HE-0	Consumo de energía no renovable	Consumo de energía primaria total
		Consumo de energía no renovable

Fuente: DB-HE 2013 y 2018

En las bases para la actualización del Documento Básico (DB HE) viene definida la siguiente imagen, que no solo muestra los cambios más influyentes en este TFG, sino que aporta todos los apartados del HE:

Tabla 9 Cambios producidos en el Documento Básico (DB HE 2018)

DB-HE 2013	DB-HE 2018
HE-0 Limitación del consumo energético Consumo de energía primaria no renovable -Edificios nuevos. Vivienda Consumo de energía primaria no renovable. -Edificios nuevos. Terciario Calificación en consumo de energía no renovable. -Edificios existentes -Espacios abiertos permanentemente	Uso de energía -Consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) -Consumo total de energía primaria ($C_{ep,tot}$)
HE-1 Limitación de la demanda energética Demanda energética -Edificios nuevos. Vivienda Demanda de calefacción (D_{cal}). Demanda de refrigeración (D_{ref}). -Edificios nuevos. Terciario Ahorro de demanda conjunta edificio de referencia %. -Edificios existentes Demanda conjunta inferior a la del edificio de referencia (D_G). Calidad de la envolvente térmica -Calidad mínima térmica Transmitancia térmica (U) límite -Limitación de descompensaciones Transmitancia térmica (U) límite Limitación de la merma de prestaciones de la envolvente térmica -Riesgo de condensaciones	
HE-2 Rendimiento de las instalaciones térmicas HE-3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación	Características de la envolvente térmica -Transmitancia térmica global (K) -Control solar ($Q_{sol,jul} / A_{util}$) -Limitación de descompensaciones en edificios de uso residencial privado (U) -Limitación de condensaciones en la envolvente térmica. Limitación de la merma de prestaciones de la envolvente térmica. Características de las instalaciones -Instalaciones térmicas -Instalaciones de iluminación

HE-4 <u>Contribución solar mínima de ACS</u> HE-5 <u>Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica</u>	Uso de energía Uso de energía procedente de fuentes renovables -Aportación mínima de energía procedente de fuentes renovables -Calentamiento de agua de piscinas cubiertas -Acondicionamiento de espacios abierto de forma permanente
---	---

Fuente: (Ministerio de Fomento, 2016)

www.certificadosenergeticos.com/novedades-trae-propuesta-hulc-2018

6.-ENVOLVENTE DE UN EDIFICIO

6.1.-Definición

Como bien dice el Documento Básico de Ahorro de Energía (Ministerio de Fomento, 2018), se entiende por envoltente de un edificio o vivienda a *“la parte exterior que protege de la temperatura, aire y humedad exteriores para mejorar la calidad de vida de sus ocupantes”*.

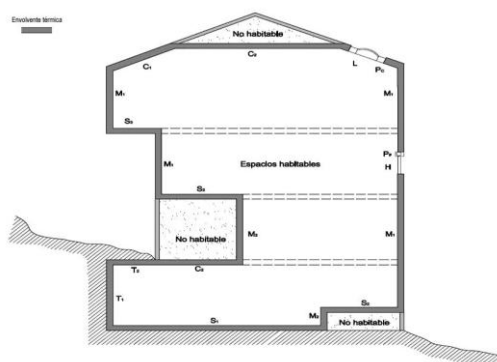


Fig 7 Envoltente de un edificio

Fuente: (Eco-Lógicos, 2012)

Además, el CTE (Ministerio de Fomento, 2018) la define como un *“conjunto de cerramientos que separan las siguientes zonas:*

- Zonas habitables con espacio exterior.
- Particiones interiores de zonas habitables con zonas no habitables”.

De esta manera, como se puede observar en la Fig 7 aunque alguno de los cerramientos no esté en contacto con el aire exterior, siempre va a formar parte de la envoltente del edificio, ya que separa una zona habitable de otra no habitable.

6.2.-Selección del modelo de vivienda sometido a estudio

Para realizar el estudio de la envolvente térmica, se ha diseñado una vivienda que será sometida a análisis. Es una vivienda unifamiliar aislada, con una única planta, situada en el municipio de Novelda (Alicante).

Se estudiarán las diferencias que presenta la envolvente de la vivienda en cuanto a su aislamiento térmico y las exigencias del DB HE 2013 y 2018, para poder cuantificar la diferencia entre ambas normativas.

En la Fig 8 se muestra el plano de planta baja de la vivienda en cuestión:

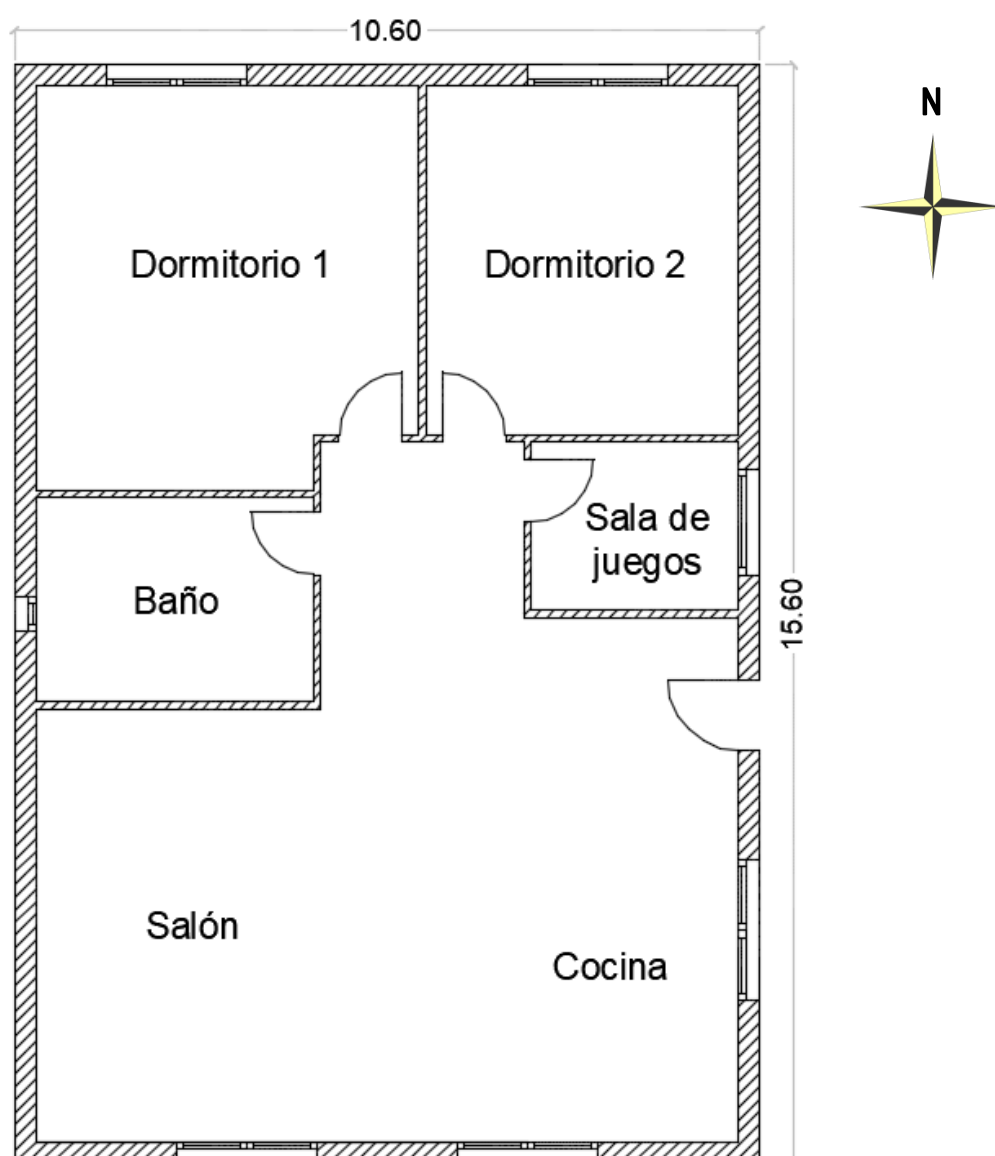


Fig 8 Plano de la vivienda

Fuente: elaboración propia

Esta vivienda consta de salón y cocina comunicados, dos dormitorios, un baño y una sala de juegos. La entrada a la vivienda se realiza directamente al salón-cocina.

Para llevar a cabo el estudio, se delimita la estancia en zonas habitables y no habitables, quedando de la siguiente manera:



Fig 9 Planta baja habitable

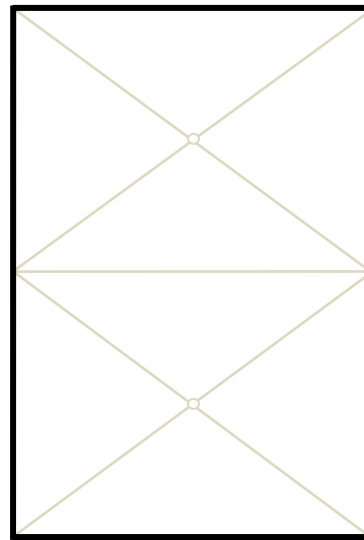


Fig 10 Planta cubierta no habitable

Fuente: elaboración propia

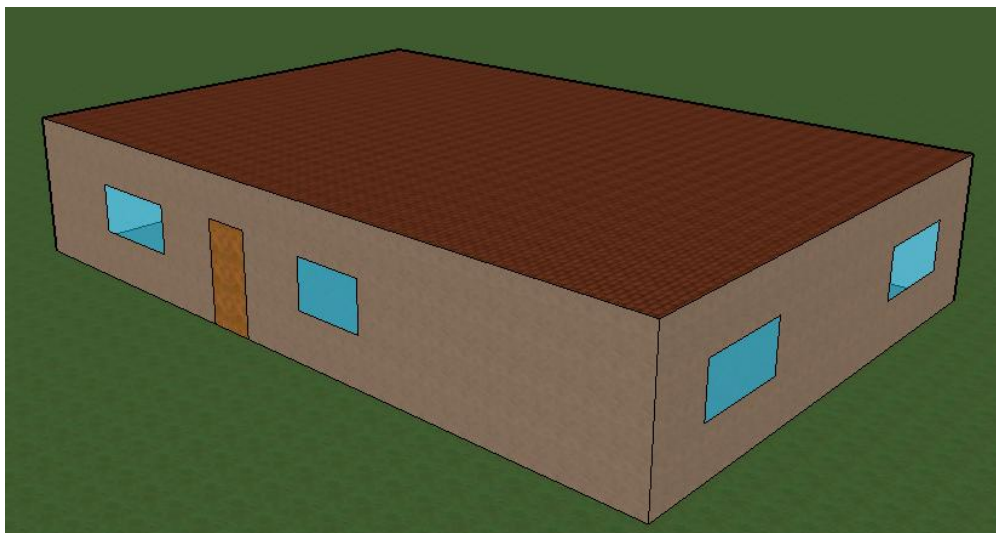


Fig 11 Vivienda unifamiliar sometida a estudio

Fuente: elaboración propia

6.3.-Zona climática

Para llevar a cabo el estudio, es necesario conocer la zona climática en la que se ubica el municipio en cuestión. Dichas zonas climáticas van a ser obtenidas de la Tabla 10 “*en función de la diferencia de altura que exista entre dicha localidad y la altura de referencia de la capital de su provincia*” (Alonso Monterde, 2011; Ministerio de Fomento, 2018).

En el caso de este trabajo, el municipio a estudio es Novelda, situado en el interior de la provincia de Alicante, en el Medio Vinalopó, con una altitud de 250 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 10. Zonas climáticas de la provincia de Alicante en función de su altitud

Prvincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥ 200 < 400	≥ 400 < 600	≥ 600 < 800	≥ 800 < 1000	≥ 1000
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1

Fuente: Apéndice D (Alonso Monterde, 2011)

Como se observa en la Tabla 10, Novelda pertenece a la zona C3, ya que el desnivel total entre el municipio y Alicante es de 243m sobre el nivel del mar. Con todo esto, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se aprecia la localización geográfica de Novelda, obtenida del Instituto Valenciano de la Edificación (Alonso Monterde, 2011).



Fig 12 Mapa provincia de Alicante

Fuente: www.five.es (Alonso Monterde, 2011)

6.4.-Transmitancias límites

En la Tabla 11 vienen definidas las transmitancias límite de los cerramientos exteriores. El DB HE, en su apéndice D, define cuáles serán esos límites:

Tabla 11 Transmitancias límite

D.2.11 ZONA CLIMÁTICA C3

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

Transmitancia límite de suelos

Transmitancia límite de cubiertas

Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

$F_{Lim}: 0,28$

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim} \text{ W/m}^2 \text{ K}$				Factor solar modificado límite de huecos F_{Hlim}					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Media, alta o muy alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4	3,9	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9	3,3	4,3	4,3	-	-	-	0,55	-	0,59
de 31 a 40	2,6	3,0	3,9	3,9	-	-	-	0,43	-	0,46
de 41 a 50	2,4	2,8	3,6	3,6	0,51	-	0,54	0,35	0,52	0,39
de 51 a 60	2,2	2,7	3,5	3,5	0,43	-	0,47	0,31	0,46	0,34

Fuente: DB HE 2018 (Ministerio de Fomento, 2018)

Aunque estos valores vienen definidos en el Código Técnico, es necesario trabajar con la tabla de transmitancias recomendadas. Esto es debido a que estos valores límite son muy elevados y van a cumplir en la mayoría de los casos.

6.5.-Transmitancias recomendadas

Las transmitancias recomendadas permiten realizar una aproximación de cuál es el espesor adecuado para cumplir con esta exigencia. Aunque en el DB HE viene definido un valor exacto, esto no quiere decir que no se pueda superar dicho valor, aunque es recomendable no sobrepasar en exceso.

Tabla 12 Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, $U \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$

		Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones de edificios existentes	Muros y suelos en contacto con el aire exterior U_M y U_S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
	Cubiertas en contacto con el aire exterior U_C	0,44	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
	Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno	1,20	1,20	0,69	0,48	0,48	0,48
	Huecos (conjunto de marco y vidrio) U_H	3,20	3,20	2,70	2,30	1,80	1,80

Fuente: DB HE 2018 (Ministerio de Fomento, 2018)

En este caso, las fachadas que serán analizadas tendrán un valor recomendado de $0,29 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

6.6.-Selección de tipologías de cerramiento sometidas a estudio

Para llevar a cabo el estudio, se seleccionan aquellas tipologías constructivas más utilizadas en la zona climática donde está situada la vivienda, siendo estas las siguientes:

Fachada caravista



Fig 13 Composición de fachada caravista

Fuente: www.conarquitectura.com (Giraldo O, 2014)

Fachada revestida

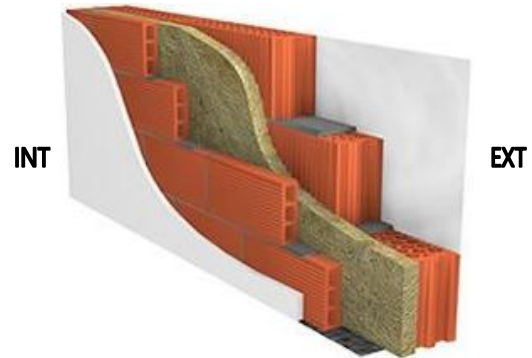


Fig 14 Composición de fachada revestida

Fuente: www.ceramicamarlo.com (Marlo, 2013)

Ambas tipologías están compuestas por una hoja principal de ladrillo de media asta, aislamiento térmico y tabique interior de ladrillo hueco del 7.

6.7.-Selección del tipo de aislamiento para los sistemas constructivos

Una vez definidos los cerramientos utilizados en la envolvente del edificio, se seleccionan los materiales que actuarán como aislamiento térmico.

Para ello, es necesario conocer las propiedades más importantes que deben cumplir todos estos materiales, y son las siguientes:

- Baja conductividad térmica
- Baja absorción de humedad.
- Adecuada resistencia estructural.
- Resistencia al fuego.
- Bajo costo y fácil aplicación.

Todas estas propiedades se analizan a continuación en cada uno de los materiales y con ayuda del blog del arquitecto técnico Manuel García Peña (Certicalia, 2013) y de (EcoGreenHome, 2012).

Los materiales seleccionados que componen la envolvente y actúan como aislamiento térmico son los siguientes:

- Poliestireno extrusionado.
- Lana mineral.
- Poliestireno expandido.
- Poliuretano proyectado.

6.7.1.-Poliestireno extrusionado (XPS)

El poliestireno extrusionado (XPS) es un material aislante ligero y duradero, presentado comercialmente en planchas de espuma rígida de diferentes espesores, con una estructura machihembrada, que permite la unión entre planchas reduciendo los puentes térmicos en sus juntas. El material está compuesto por un 95% de poliestireno y un 5% de gas.

Destaca por su impermeabilidad, de manera que puede mojarse sin perder sus propiedades. Al estar formada por una estructura de burbuja cerrada, la absorción de agua que se pueda producir es muy reducida.

Las ventajas de la utilización de este material son las siguientes:

- Ofrece una elevada resistencia a altas compresiones y cambios climáticos.
- Buena resistencia al fuego.
- Es un aislamiento térmico muy efectivo, ya que, además de utilizarse en fachadas y cubiertas, sirve también como aislamiento acústico, protección frente al sol en verano y evita fugas de calor en invierno.
- Es un material de fácil instalación, ya que se corta con ayuda de un cúter.

Dado que es un material de gran resistencia mecánica e impermeabilizante, resulta muy eficaz para el aislamiento de cubiertas, protegiendo la impermeabilización que está situada en su parte inferior.

Es también destacable su uso como aislamiento en suelos y fachadas, debido a su ligereza y a sus elevadas prestaciones.

Otro de los usos habituales del poliestireno extrusionado es para envases y embalajes.



Fig 15 Aislamiento térmico de XPS

Fuente: catálogo URSA

6.7.2.-Lana mineral (LM)

La lana mineral es un material aislante térmico y acústico, compuesto por un conjunto de pequeños filamentos de fibras minerales, entrelazados entre sí y aglomerados con resinas sintéticas, fuertemente hidrofugantes. Estas fibras se obtienen gracias a un proceso de fundición de rocas ígneas con alto contenido en sílice.

Gracias a su estructura, permite que el material sea muy ligero y con un elevado nivel de protección frente al calor, ruido y fuego.

Los beneficios más importantes producidos por la utilización de lana mineral como aislamiento térmico son los siguientes:

- Elevado ahorro de energía.
- Gran comportamiento frente al ruido.
- Es un material seguro ante la exposición continuada a altas temperaturas, ya que al ser un material ignífugo, no produce humos y garantiza la seguridad en caso de incendio.
- Es un material reciclable.

La lana mineral es un material muy utilizado en Europa, no solo en construcción, sino que las industrias también lo utilizan como aislamiento térmico de sus procesos industriales.

Dado que es un material adecuado para la protección frente al fuego, ya que tiene un elevado punto de fusión, se utiliza como aislamiento en cubiertas, forjados, fachadas, conductos de aire acondicionado, e incluso puertas.

Además, uno de los usos más habituales es como aislamiento en tabiquería interior, debido a su gran absorción de ruido.

Destacar que es un material inapropiado para cubiertas transitables, ya que no posee buena resistencia a compresión.



Fig 16 Aislamiento térmico de LM

Fuente: catálogo URSA



Fig 17 Facilidad de manipulación LM

Fuente: (EcoGreenHome, 2012)

6.7.3.-Poliestireno expandido (EPS)

El poliestireno expandido es un material plástico fabricado por el moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno, produciendo una estructura cerrada llena de aire. Está compuesto químicamente por un 95% de poliestireno y un 5% de gas.

Las principales diferencias con el poliestireno extrusionado son: es menos denso, no va machihembrado, absorbe la humedad y su resistencia térmica es menor.

Destaca por ser uno de los aislamientos térmicos más utilizados, ya que permite aislar aquellas partes donde penetra más el frío y la humedad. Además, su precio no es muy elevado, no consume gran cantidad de energía y reduce la emisión de gases contaminantes.

Los beneficios más importantes producidos por la utilización de poliestireno expandido como aislamiento térmico son los siguientes:

- Muy versátil y ligero, debido a su densidad.
- Buena resistencia mecánica y química.
- Gran aislante térmico, por su estructura celular, con aire ocluido en su interior.
- El nivel de absorción de agua es mínimo.

Aunque existan ventajas y beneficios en la colocación de este material, son destacables estos inconvenientes:

- Elevada absorción de vapor de agua.
- Debido a la radiación ultravioleta, el material se deteriora, por lo que es necesaria la aplicación de un revestimiento.

Gracias a sus extraordinarias propiedades, el poliestireno expandido ofrece una gran cantidad de aplicaciones, como fabricación de empaques y embalajes para productos de la industria electrónica, farmacéutica, artesanal, etc.

En el caso de la construcción, se usa para aislar térmica y acústicamente en tabiquería, fachadas, cubiertas y suelos.

El poliestireno extrusionado se utiliza más en aislamiento de cubiertas y suelos, mientras que el poliestireno expandido se usa más en tabiquería.



Fig 18 Aislamiento térmico de EPS

Fuente: (Certicalia, 2013)

6.7.4.-Poliuretano proyectado (PUR)

El poliuretano, como bien dice el Libro Blanco del Poliuretano Proyectado (Candela & Milla, 2010), es un producto compuesto por petróleo y azúcar, que tras una reacción química, se forma una espuma continua y sin juntas, por lo que resulta un material muy interesante para su puesta en obra.

Posee una estructura resistente al agua, que evita las filtraciones y protege contra la corrosión.

Destaca por ser un material con una conductividad térmica muy baja, que se adhiere fácilmente sobre cualquier superficie y que permite ser utilizada tanto en paneles rígidos como en espuma.

En el caso del poliuretano proyectado, posee una característica muy importante, ya que al ser un material en estado líquido, es menos voluminoso que cuando se aplica, por lo que el transporte del material es sencillo y rápido.

Los beneficios más importantes producidos por la utilización del poliuretano proyectado como aislamiento térmico son los siguientes:

- Se reduce el consumo de combustibles fósiles y ello contribuye al medio ambiente.
- Reducción de refrigeración y calefacción en las viviendas.
- Buen aislante térmico y acústico.
- Resistente a la humedad.
- Se minimizan los puentes térmicos.
- Propiedades duraderas en el tiempo sin que se produzca apenas desgaste.

El poliuretano proyectado es un material muy versátil con una gran cantidad de aplicaciones en la construcción, siendo muy utilizado como aislamiento térmico en techos, suelos o fachadas. En la industria, predomina como aislamiento en cámaras frigoríficas, tanques, o incluso los barcos o las alas de los aviones.

Aunque el poliuretano proyectado estaba siendo un producto muy empleado como aislamiento térmico y acústico, en los últimos años se ha reducido. Esto es debido a su elevado grado de combustión, por lo que es imprescindible protegerlo del fuego.



Fig 19 Aislamiento térmico de PUR

Fuente: www.laespumadepoliuretano.com

6.8.-Definición de las características de la vivienda

Para verificar el cumplimiento del HE-1 y HE-0 del Código Técnico, se realiza una simulación con el programa Hulc con cada una de las tipologías constructivas y sus respectivos aislamientos, definiendo el siguiente sistema de instalaciones en la vivienda:

- Sistema de agua caliente sanitaria (ACS).
 - Caldera eléctrica de 10kW.
 - Demanda de ACS: se han estimado 120l/día, ya que es una vivienda destinada a 4 personas, y cada una de ellas realiza un consumo aproximado de unos 30l/día.

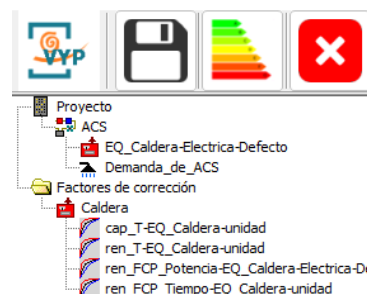


Fig 20 Equipos seleccionados en Hulc

Fuente: elaboración propia

Para realizar los cálculos energéticos de la vivienda, se ha definido una situación en la que la cubierta es un cerramiento adiabático, que no permite el intercambio de calor, mientras que las fachadas van a ser las seleccionadas en el apartado 6.6.

Una vez definido esto, se procede al cálculo de los parámetros que han sufrido modificación tras la aprobación del nuevo Código Técnico 2018.

El aspecto más importante a tener en cuenta a la hora de realizar los cálculos energéticos, es conocer cuáles son los puentes térmicos existentes en la vivienda.

Tabla 13 Valores de los puentes térmicos

Tipo puente		Valor (W/mK)	Longitud (m)
Frentes de forjado	Por defecto	0,97	0,00
Cubiertas planas	Por defecto	0,96	0,00
Esquinas exteriores	Por defecto	0,11	12,00
Esquinas interiores	Por defecto	-0,16	0,00
Forjado inferior en contacto con el aire	Dado por el usuario	0,00	50,00
Alféizar	Por defecto	0,44	12,50
Dinteles/capialzados	Dado por el usuario	0,00	12,50
Jambas	Dado por el usuario	0,00	16,20
Pilares	Por defecto	1,20	1,00
Suelos en contacto con el terreno	Dado por el usuario	0,00	49,00

Fuente: datos obtenidos de Hulc

En este caso, tal y como viene definido en la Tabla 13, los puentes térmicos solucionados correctamente son aquellos en los que su valor de conductividad térmica es 0,00W/mK, mientras que todos aquellos en los que la longitud de puente térmico sea igual a 0,00m, no tienen ninguna incidencia sobre el resultado final.

7.-DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para llevar a cabo el estudio de los espesores mínimos de aislamiento térmico en cada una de las secciones para el DB HE 2013 y DB HE 2018, se va a realizar lo siguiente:

En primer lugar se elige la conductividad real, más frecuente, de cada uno de los tipos de aislamiento seleccionados, por lo que la variación del espesor entre un código técnico y otro va a ser distinta en función del tipo de aislamiento y la sección analizada.

En segundo lugar, se fija la conductividad térmica para que en todos los aislamientos seleccionados sea la misma, de manera que exista una única variación de espesor.

7.1.-DISTINTA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

En la Fig 21 se muestra la franja de los valores de la conductividad térmica, más comunes, de los aislamiento térmicos seleccionados.

Comercialmente, es improbable encontrar todos estos valores en los catálogos del fabricante, aunque existe la posibilidad de fabricación de aquel que reúna las características necesarias para su puesta en obra.

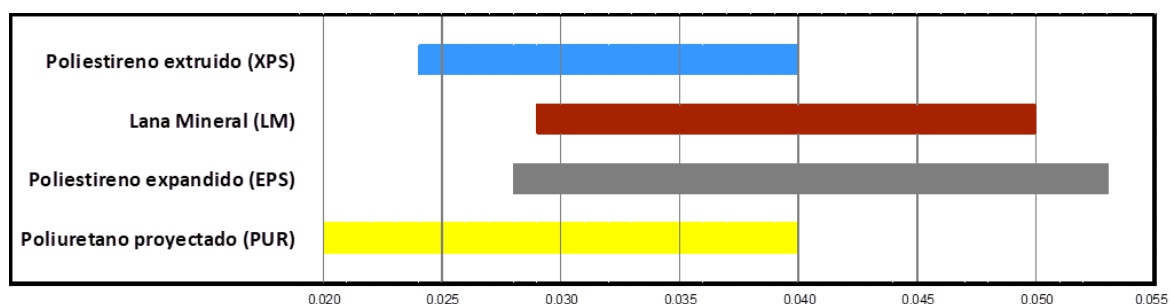


Fig 21 Rango de conductividad térmica de los materiales aislantes

Fuente: Instituto Valenciano de la Edificación, www.five.es

A continuación, se procede a la elección de las principales características que reunirán los materiales seleccionados:

- **XPS:** accediendo a la casa comercial URSA, se ha seleccionado el tipo de aislamiento URSA XPS F N-W E. Se suministra en planchas de 0,60x1,25m y su conductividad térmica es de 0,036 W/mK.

- **LM:** se ha elegido de la casa comercial URSA un aislamiento tipo URSA TERRA Mur P1281 con una conductividad térmica de 0,038 W/mK.

• **EPS:** para seleccionar el aislamiento de poliestireno expandido se ha accedido a la casa comercial Grupo Valero, que permite elegir entre una gran variedad de poliestirenos. En este caso se ha optado por el Grafipol TR-32, que tal y como indica su nombre, tiene una conductividad térmica de 0,032 W/mK.

• **PUR:** la transmitancia elegida para el aislamiento de poliuretano proyectado será de 0,028 W/mK, facilitada por la empresa Aislamientos Mario.

Tabla 14 Material seleccionado en cada tipo de aislamiento

Material	Casa comercial	Conductividad térmica (W/mK)
Poliestireno extrusionado (XPS)	URSA	0,036
Lana mineral (LM)	URSA	0,038
Poliestireno expandido (EPS)	Grupo Valero	0,032
Poliuretano proyectado (PUR)	Aislamientos Marco	0,028

Fuente: catálogos comerciales de los distintos materiales

Una vez elegidas las conductividades térmicas de cada uno de los materiales utilizados como aislamiento térmico, se observa que dichos valores se encuentran dentro del rango de conductividades indicados en la Fig 21, por lo que se consideran adecuados.

Conocida la conductividad térmica de los materiales con los que se va a trabajar y la conductividad térmica recomendada, se realiza un predimensionamiento que permitirá realizar una aproximación inicial de cuál será el espesor de aislamiento idóneo para el cumplimiento del DB HE 2018.

1.-Ladrillo Caravista + Poliestireno Extrusionado (XPS) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,115}{0,533} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{e}{0,036} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,036} + 0,58276} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,01981}{0,036}$$

$$e = 0,1032\text{m} = 10,32\text{cm}$$

2.-Ladrillo Caravista + Lana Mineral (LM) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,115}{0,533} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{e}{0,038} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,038} + 0,582757942} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,02098}{0,038}$$

$$e = 0,1089\text{m} = 10,89\text{cm}$$

3.-Ladrillo Caravista + Poliestireno Expandido (EPS) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,115}{0,533} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{e}{0,032} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,032} + 0,58276} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,02156}{0,032}$$

$$e = 0,0917\text{m} = 9,17\text{cm}$$

4.-Ladrillo Caravista + Poliuretano Proyectado (PUR) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,115}{0,533} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{e}{0,028} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,028} + 0,58276} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,01632}{0,028}$$

$$e = 0,0802\text{m} = 8,02\text{cm}$$

5.-Ladrillo revestido + Poliestireno Extrusionado (XPS) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,11}{0,456} + \frac{e}{0,036} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,036} + 0,60823} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,02068}{0,036}$$

$$e = 0,1022\text{m} = 10,22\text{cm}$$

6.-Ladrillo revestido + Lana Mineral (LM) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,11}{0,456} + \frac{e}{0,038} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,038} + 0,60823} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,02190}{0,038}$$

$$e = 0,1079\text{m} = 10,79\text{cm}$$

7.-Ladrillo revestido + Poliestireno Expandido (EPS) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,11}{0,456} + \frac{e}{0,032} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,032} + 0,60823} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,02250}{0,032}$$

$$e = 0,0909\text{m} = 9,09\text{cm}$$

8.-Ladrillo revestido + Poliuretano Proyectado (PUR) + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,11}{0,456} + \frac{e}{0,028} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,028} + 0,60823} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,01703}{0,028}$$

$$e = 0,07952\text{m} = 7,95\text{cm}$$

Los valores de espesor recomendados obtenidos son los siguientes:

Tabla 15 Espesores comerciales de cada sección

			Espesor obtenido (cm)	Espesor comercial (cm)
FACHADAS	1	CV + XPS + LH	10,32	10
	2	CV + LM + LH	10,89	11
	3	CV + EPS + LH	9,17	9
	4	CV + PUR + LH	8,02	8
	5	LHT + XPS + LH	10,22	10
	6	LHT + LM + LH	10,79	11
	7	LHT + EPS + LH	9,09	9
	8	LHT + PUR + LH	7,95	8

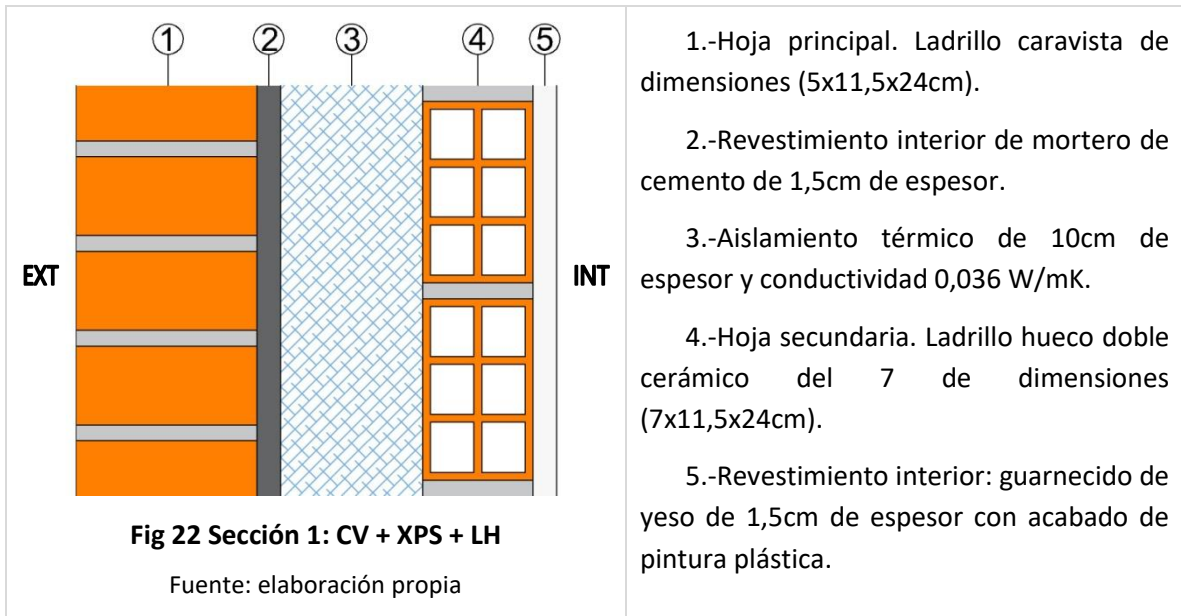
Fuente: elaboración propia

Aunque estos valores son aproximados, van a servir para ver, en la sección analizada en el programa Hulc, a partir de qué espesor de aislamiento térmico cumple dicha sección o no con lo establecido DB HE 2018.

Destacar que un valor inferior a estos espesores, no va a ser recomendado, ya que así viene definido en el DB HE 2018, y que no ha sufrido ninguna modificación respecto al antiguo DB HE 2013.

7.1.1.-Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + XPS + Ladrillo Hueco

La Fig 22 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y un aislamiento térmico de poliestireno extrusionado. La hoja exterior es ladrillo caravista y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 5cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	25,40	4,43
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

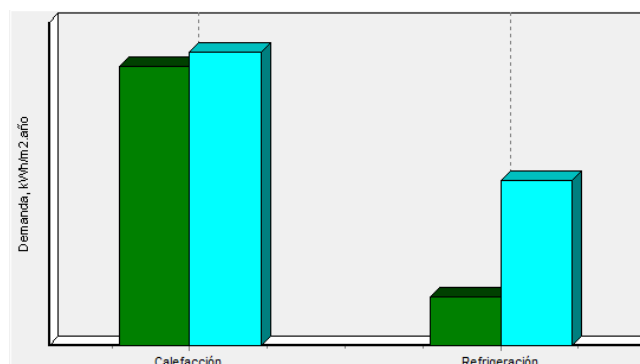


Fig 23 Cumplimiento HE1 2013. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de poliestireno extrusionado de 5cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	56,57
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

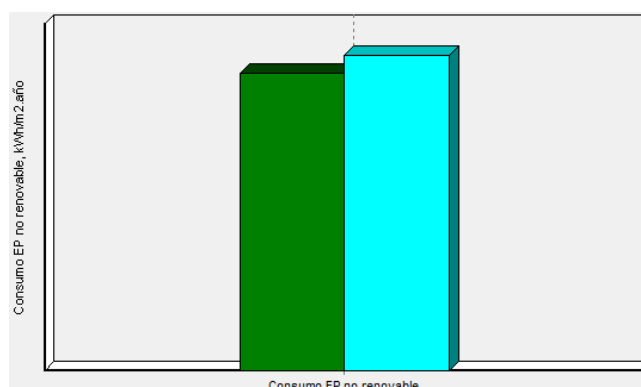


Fig 24 Cumplimiento HE0 2013. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada caravista de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno extrusionado sea de 5cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 10cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 25 Cumplimiento HE1 2018. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,46	4,94

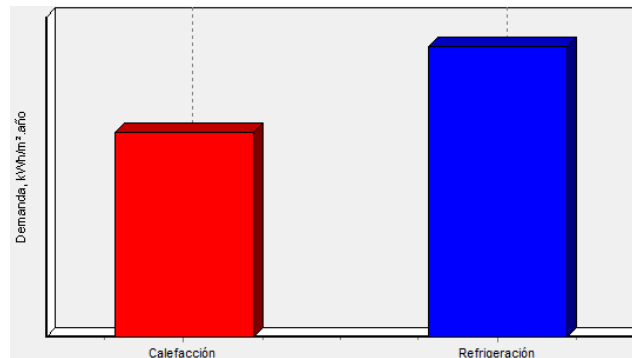


Fig 26 Cumplimiento HE1 2018. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	21,90	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,10	64,00	CUMPLE

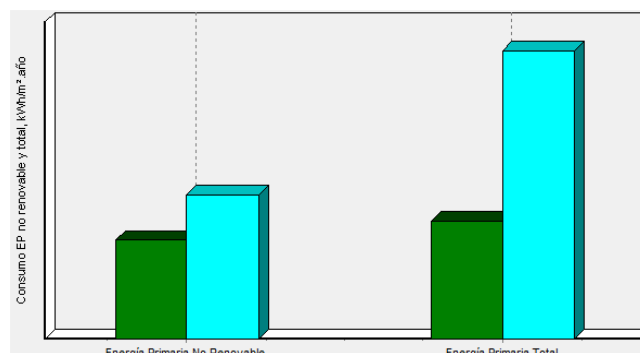


Fig 27 Cumplimiento HE0 2018. Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulec 2018, para que la fachada caravista de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno extrusionado sea de 10cm.

Tabla 16 Solución Sección 1: CV + XPS + LH

SECCIÓN 1 (CV + XPS + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
5cm	10cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

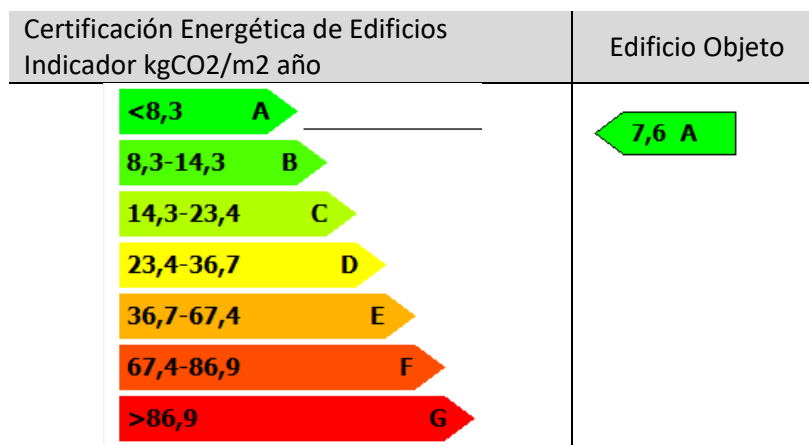
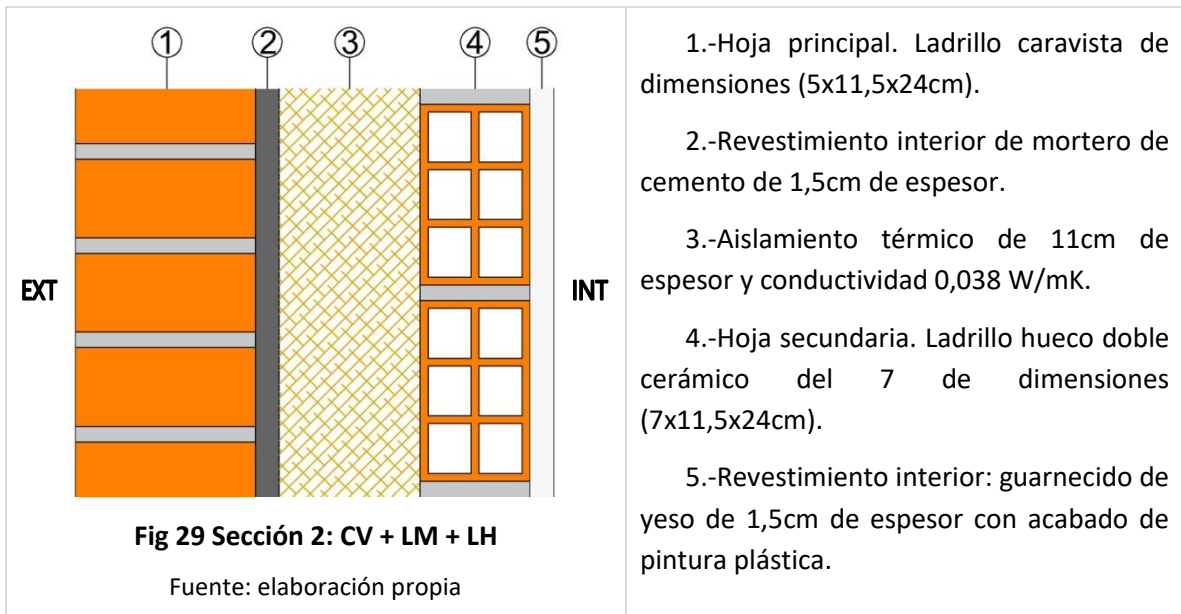


Fig 28 Certificación energética Sección 1: CV + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.2.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + LM + Ladrillo Hueco

La Fig 29 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y un aislamiento térmico de lana mineral. La hoja exterior es ladrillo caravista y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de lana mineral para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 5cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	25,98	4,42
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

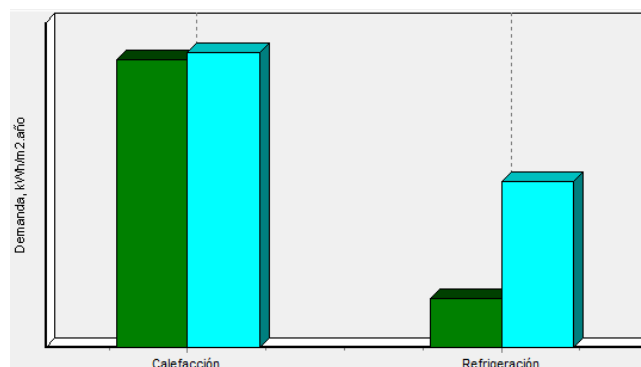


Fig 30 Cumplimiento HE1 2013. Sección 2: CV + LM+ LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de lana mineral de 5cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	57,21
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

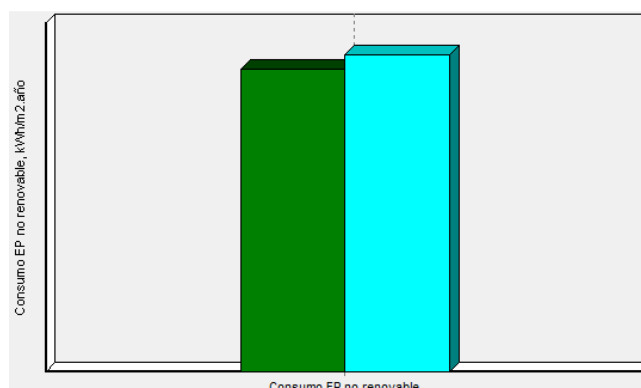


Fig 31 Cumplimiento HE0 2013. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada caravista de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de lana mineral sea de 5cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de lana mineral necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de lana mineral para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 11cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 32 Cumplimiento HE1 2018. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtiene lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,44	4,97

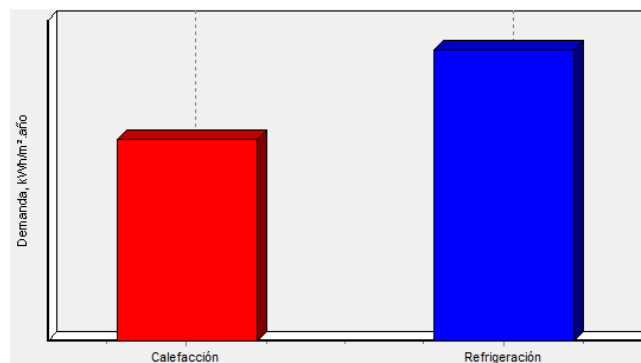


Fig 33 Cumplimiento HE1 2018. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	21,90	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,10	64,00	CUMPLE

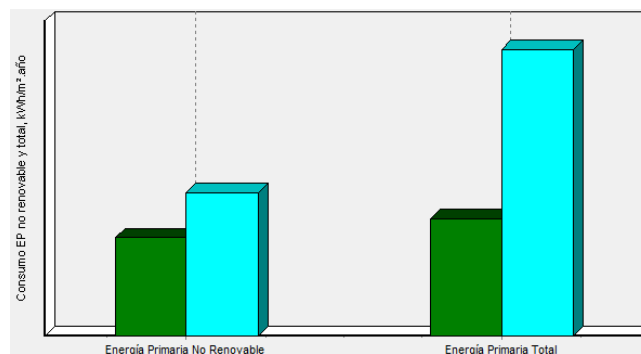


Fig 34 Cumplimiento HE0 2018. Sección 2: CV + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulec 2018, para que la fachada caravista de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de lana mineral sea de 11cm.

Tabla 17 Solución Sección 2: CV + LM + LH

SECCIÓN 2 (CV + LM + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
5cm	11cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

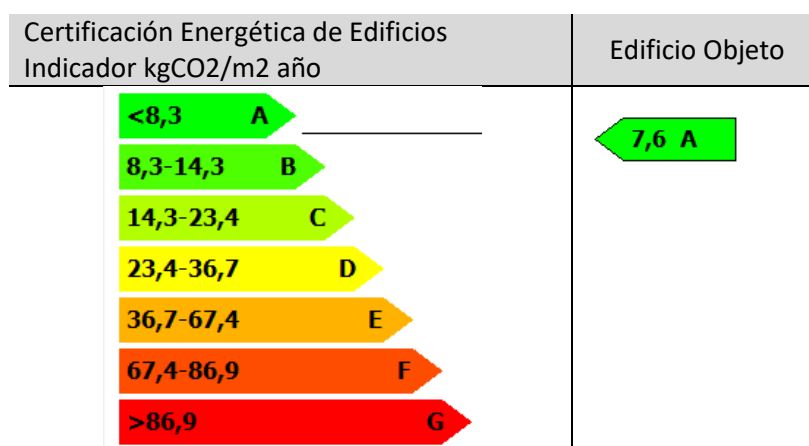
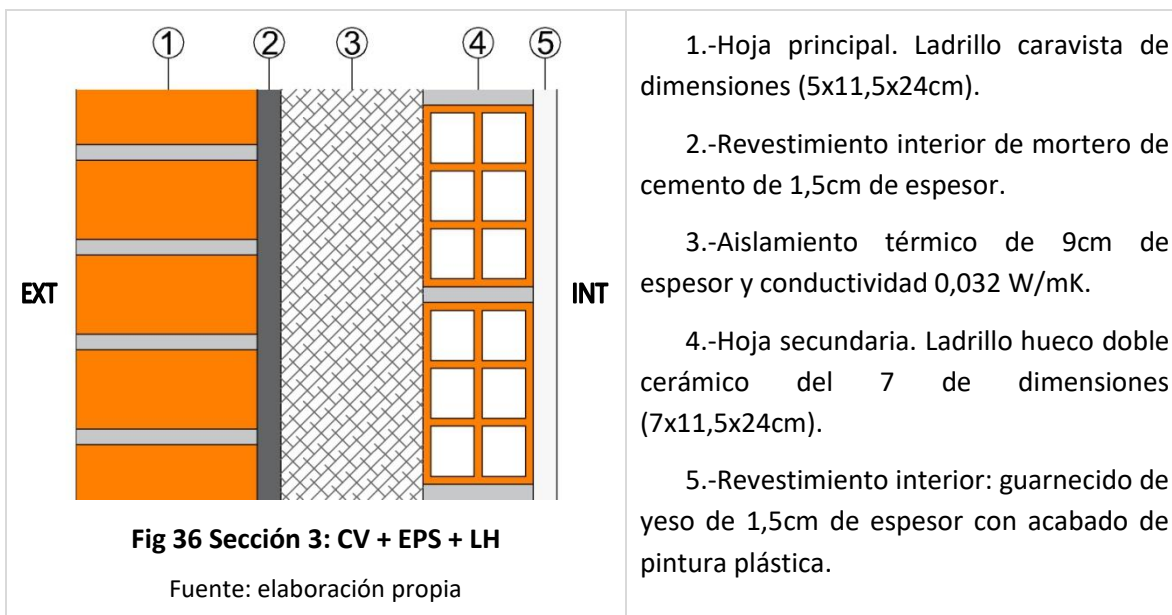


Fig 35 Certificación energética Sección 2

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.3.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + EPS + Ladrillo Hueco

La Fig 36 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y un aislamiento térmico de poliestireno expandido. La hoja exterior es ladrillo caravista y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno expandido para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 4cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	26,55	4,43
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

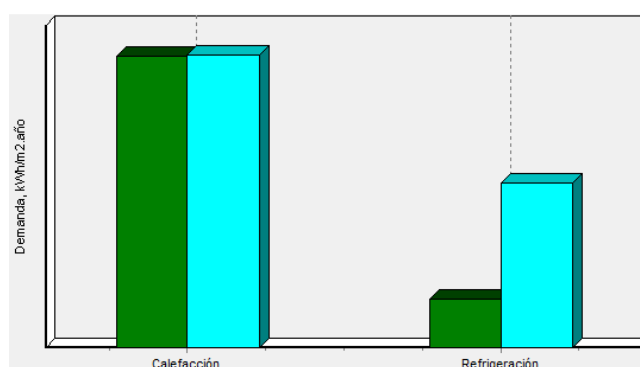


Fig 37 Cumplimiento HE1 2013. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de poliestireno expandido de 4cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	57,84
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

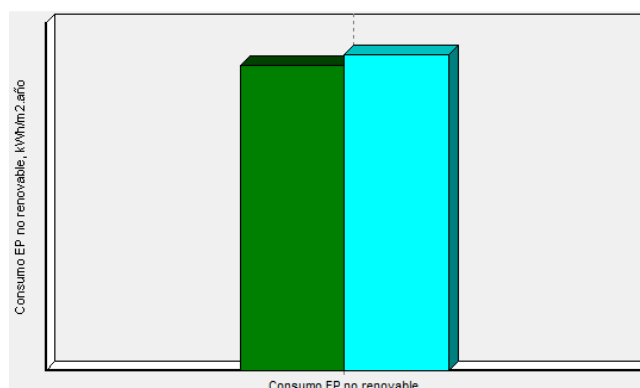


Fig 38 Cumplimiento HE0 2013. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada caravista de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno expandido sea de 4cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno expandido necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno expandido para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 9cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 39 Cumplimiento HE1 2018. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Debido a que en la aplicación del nuevo código técnico no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, se obtienen los siguientes resultados:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,58	4,96

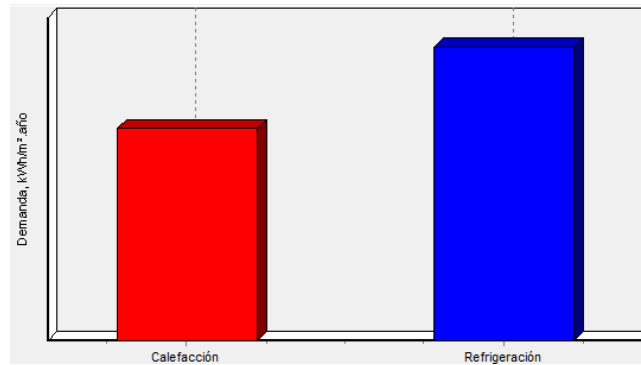


Fig 40 Cumplimiento HE1 2018. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	22,00	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,20	64,00	CUMPLE

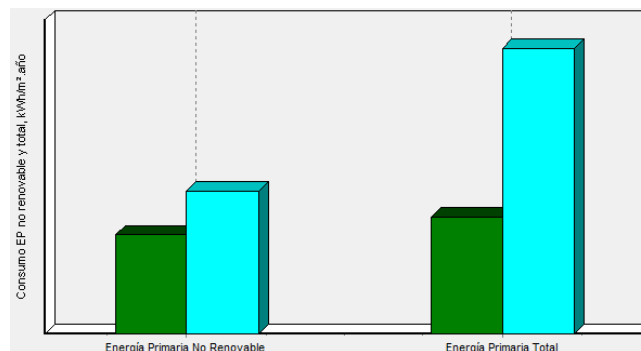


Fig 41 Cumplimiento HE0 2018. Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2018, para que la fachada caravista de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno expandido sea de 9cm.

Tabla 18 Solución Sección 3: CV + EPS + LH

SECCIÓN 3 (CV + EPS + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
4cm	9cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

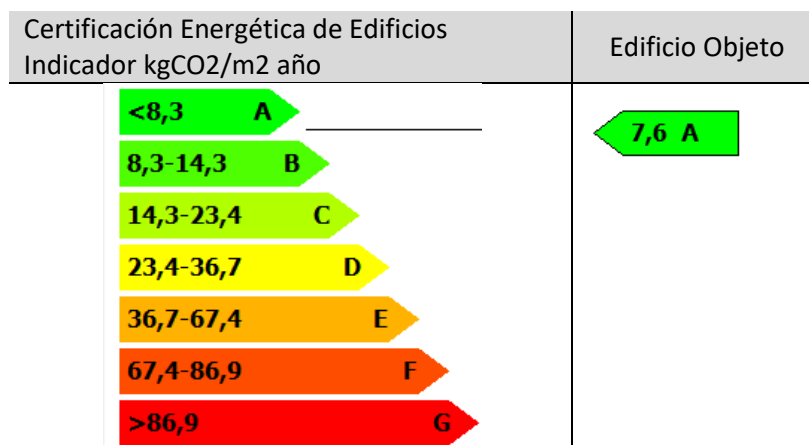
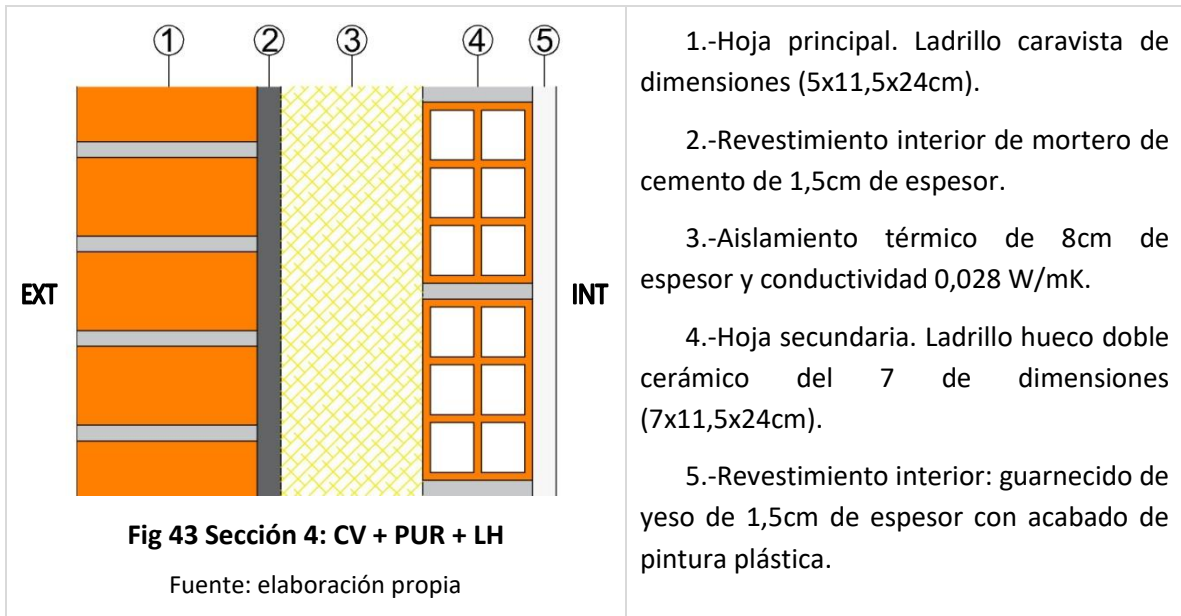


Fig 42 Certificación energética Sección 3: CV + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.4.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + PUR + Ladrillo Hueco

La Fig 43 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y un aislamiento térmico de poliuretano proyectado. La hoja exterior es ladrillo caravista y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliuretano proyectado para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 4cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	25,10	4,42
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

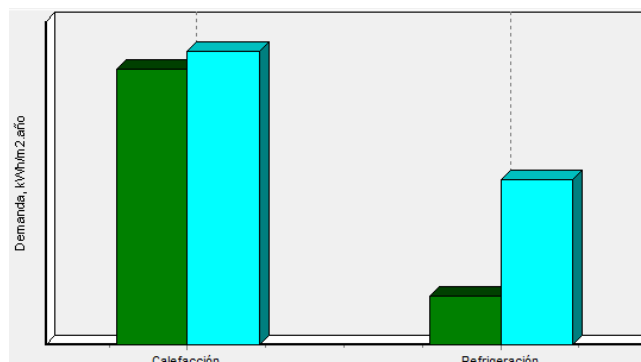


Fig 44 Cumplimiento HE1 2013. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de poliuretano proyectado de 4cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	56,24
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

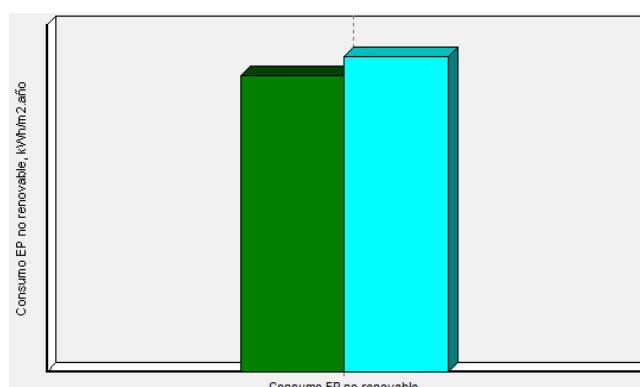


Fig 45 Cumplimiento HE0 2013. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada caravista de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliuretano proyectado sea de 4cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliuretano proyectado necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliuretano proyectado para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 8cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 46 Cumplimiento HE1 2018. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,50	4,97

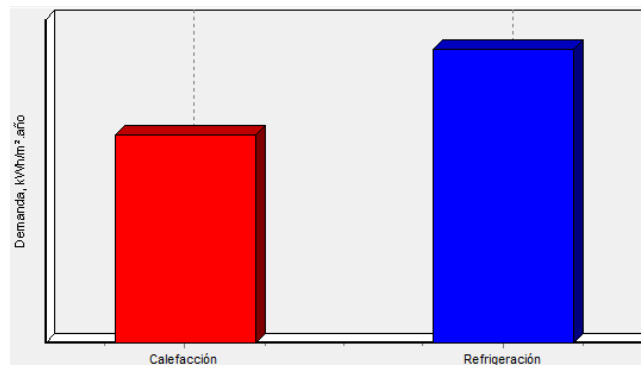


Fig 47 Cumplimiento HE1 2018. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	21,90	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,10	64,00	CUMPLE

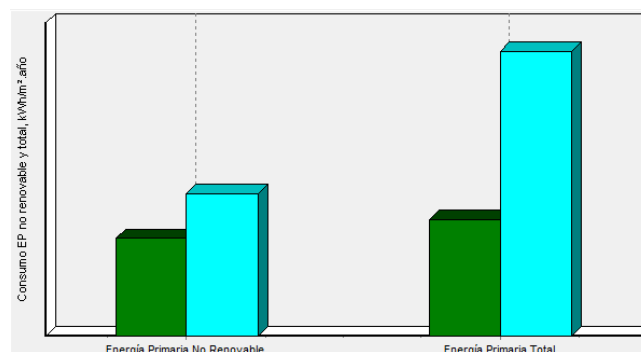


Fig 48 Cumplimiento HE0 2018. Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulec 2018, para que la fachada caravista de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliuretano proyectado sea de 8cm.

Tabla 19 Solución Sección 4: CV + PUR + LH

SECCIÓN 4 (CV + PUR + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
4cm	8cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

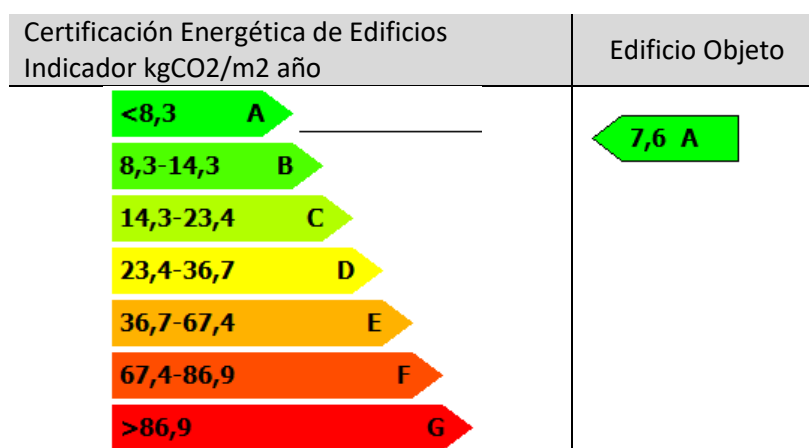
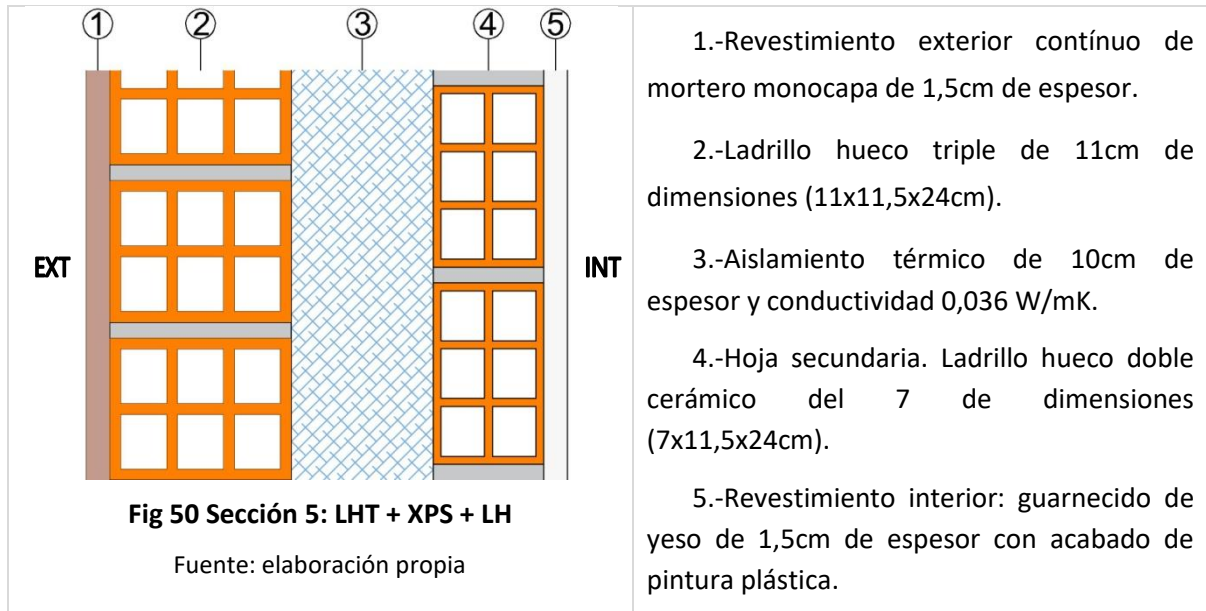


Fig 49 Certificación energética Sección 4: CV + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.5.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + XPS + Ladrillo Hueco

La Fig 50 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y aislamiento de poliestireno extrusionado. La hoja exterior es ladrillo hueco triple y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 5cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	25,22	4,43
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

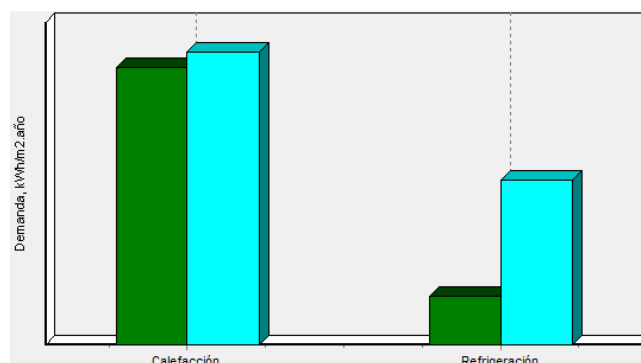


Fig 51 Cumplimiento HE1 2013. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de poliestireno extrusionado de 5cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	56,38
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

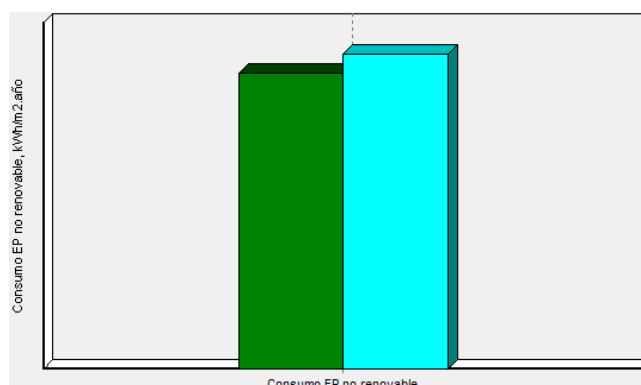


Fig 52 Cumplimiento HE0 2013. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada revestida de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno extrusionado sea de 5cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 10cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 53 Cumplimiento HE1 2018. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,58	4,95

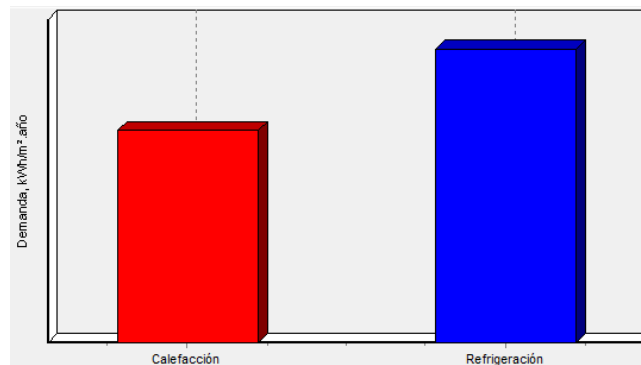


Fig 54 Cumplimiento HE1 2018. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	22,00	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,20	64,00	CUMPLE

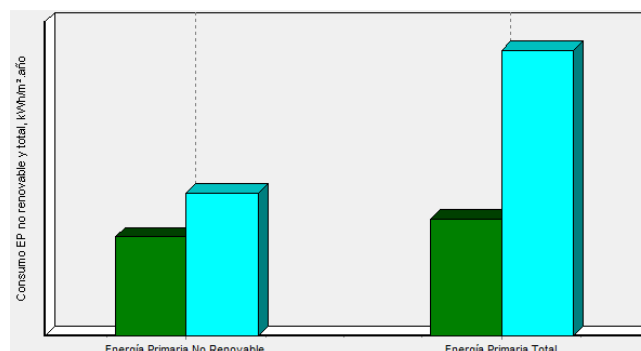


Fig 55 Cumplimiento HE0 2018. Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2018, para que la fachada revestida de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno extrusionado sea de 10cm.

Tabla 20 Solución Sección 5: LHT + XPS + LH

SECCIÓN 5 (LHT + XPS + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
5cm	10cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

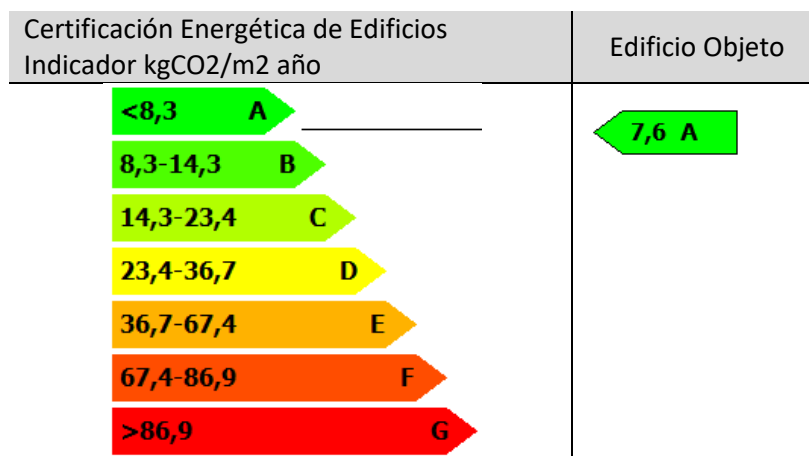
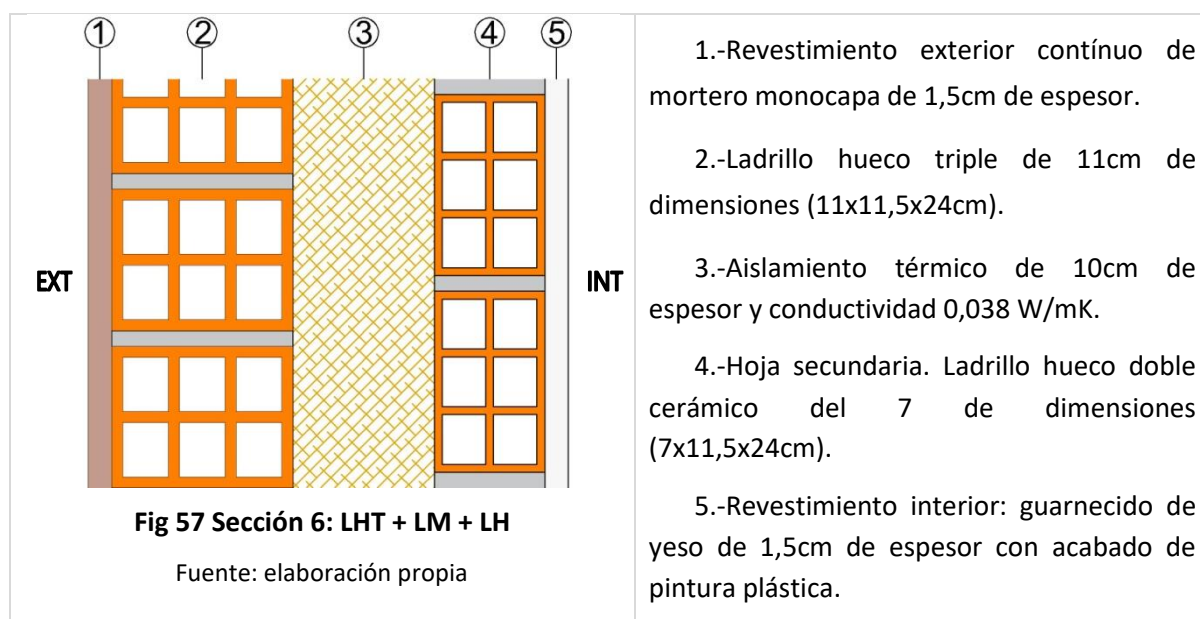


Fig 56 Certificación energética Sección 5: LHT + XPS + LH (espesor aislante = 10cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.6.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + LM+ Ladrillo Hueco

La Fig 57 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y aislamiento de lana mineral. La hoja exterior es ladrillo hueco triple y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de lana mineral para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 5cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	25,79	4,43
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

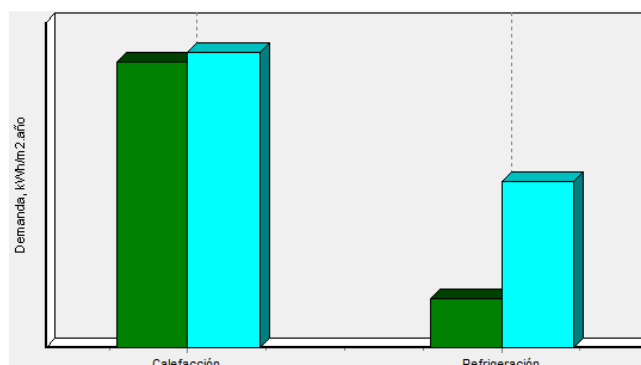


Fig 58 Cumplimiento HE1 2013. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de lana mineral de 5cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	57,01
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

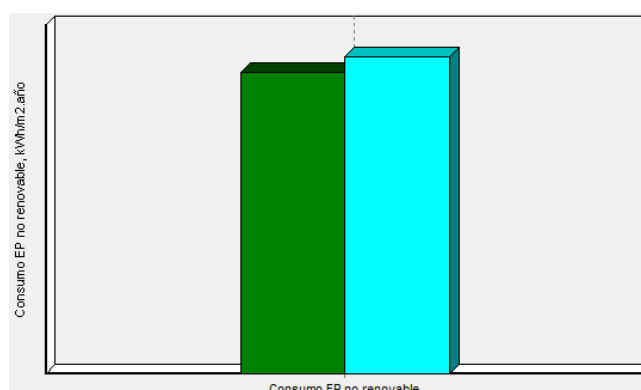


Fig 59 Cumplimiento HE0 2013. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 5cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada revestida de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de lana mineral sea de 5cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de lana mineral necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de lana mineral para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 11cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 60 Cumplimiento HE1 2018. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,39	4,97

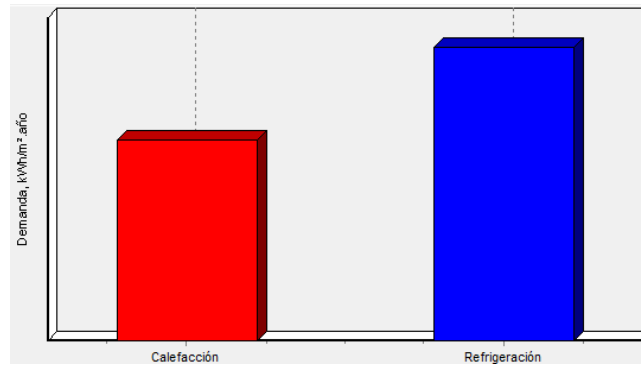


Fig 61 Cumplimiento HE1 2018. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	21,90	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,10	64,00	CUMPLE

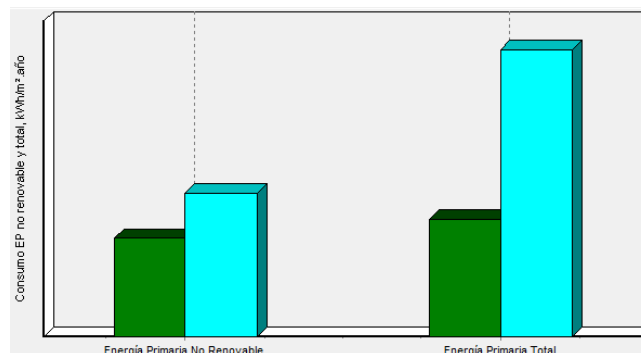


Fig 62 Cumplimiento HE0 2018. Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulec 2018, para que la fachada revestida de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de lana mineral sea de 11cm.

Tabla 21 Solución Sección 6: LHT + LM + LH

SECCIÓN 6 (LHT + LM + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
5cm	11cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

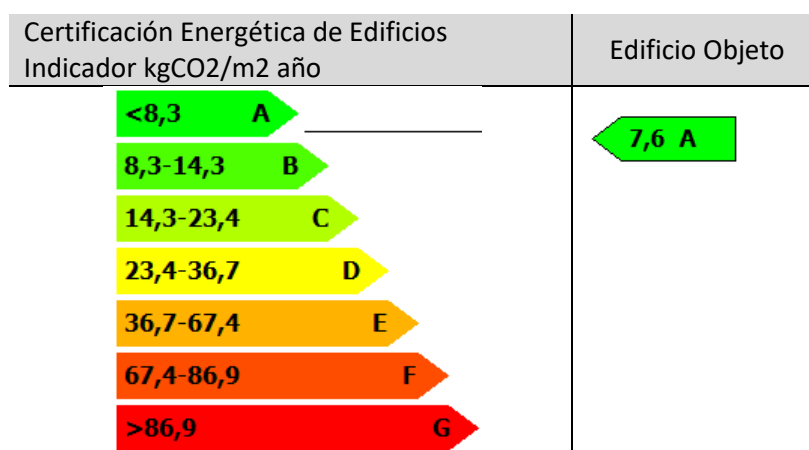
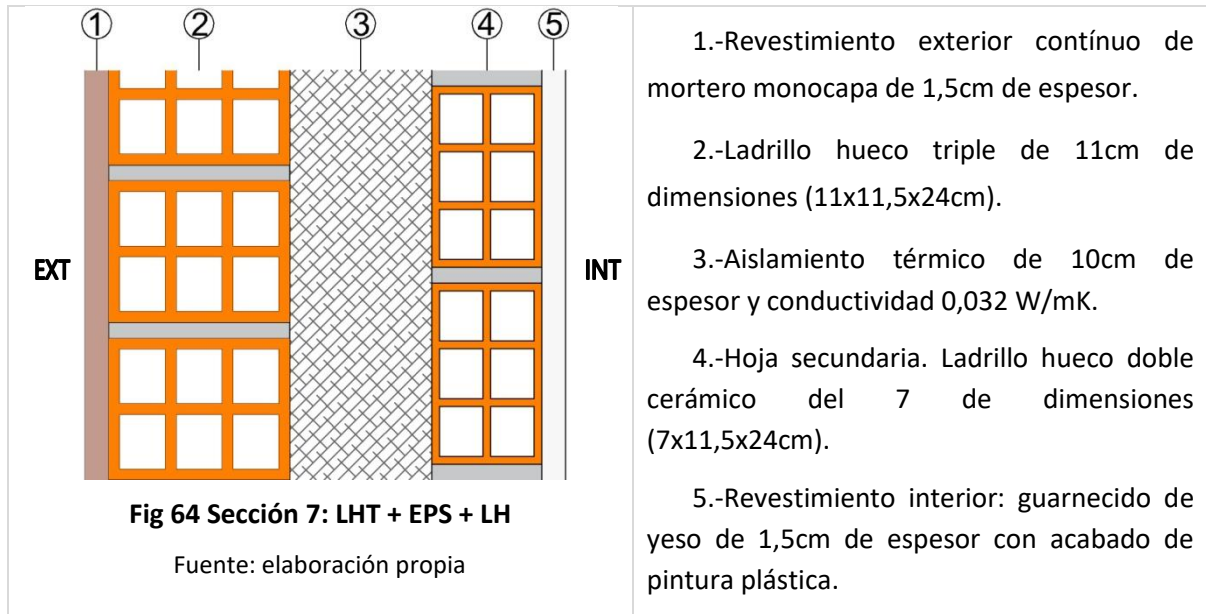


Fig 63 Certificación energética Sección 6: LHT + LM + LH (espesor aislante = 11cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.7.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + EPS + Ladrillo Hueco

La Fig 64 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y aislamiento de poliestireno expandido. La hoja exterior es ladrillo hueco triple y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno expandido para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 4cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	26,34	4,43
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

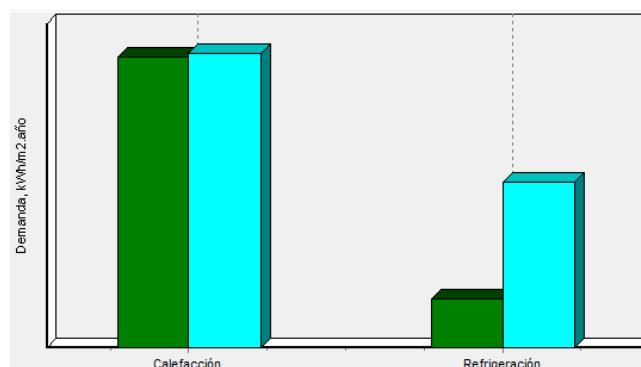


Fig 65 Cumplimiento HE1 2013. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de poliestireno expandido de 4cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	57,62
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

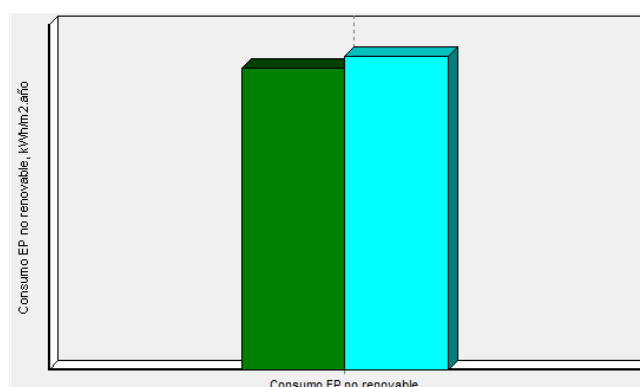


Fig 66 Cumplimiento HE0 2013. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada revestida de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno expandido sea de 4cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno expandido necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliestireno expandido para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 9cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 67 Cumplimiento HE1 2018. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,53	4,97

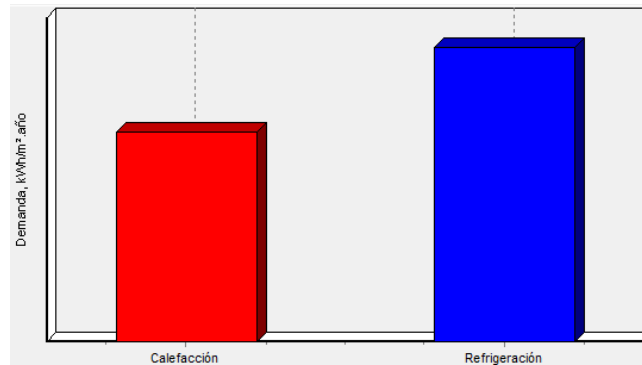


Fig 68 Cumplimiento HE1 2018. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	22,00	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,20	64,00	CUMPLE

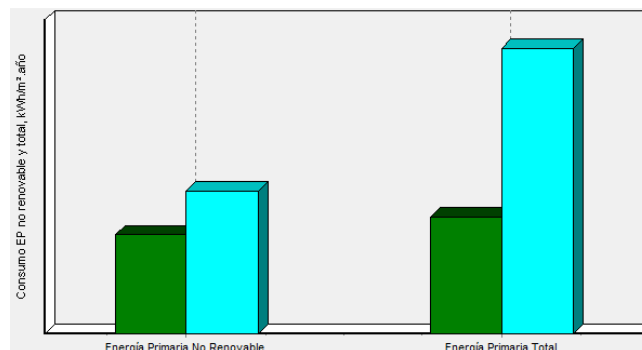


Fig 69 Cumplimiento HE0 2018. Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulg 2018, para que la fachada revestida de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliestireno expandido sea de 9cm.

Tabla 22 Solución Sección 7: LHT + EPS + LH

SECCIÓN 7 (LHT + EPS + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
4cm	9cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

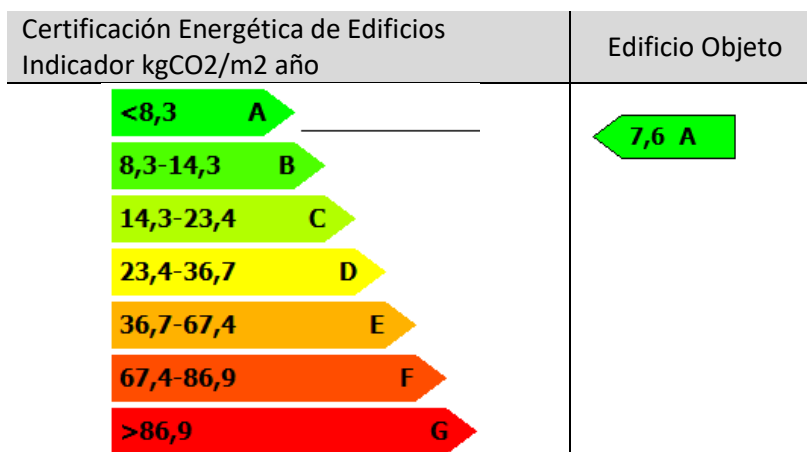
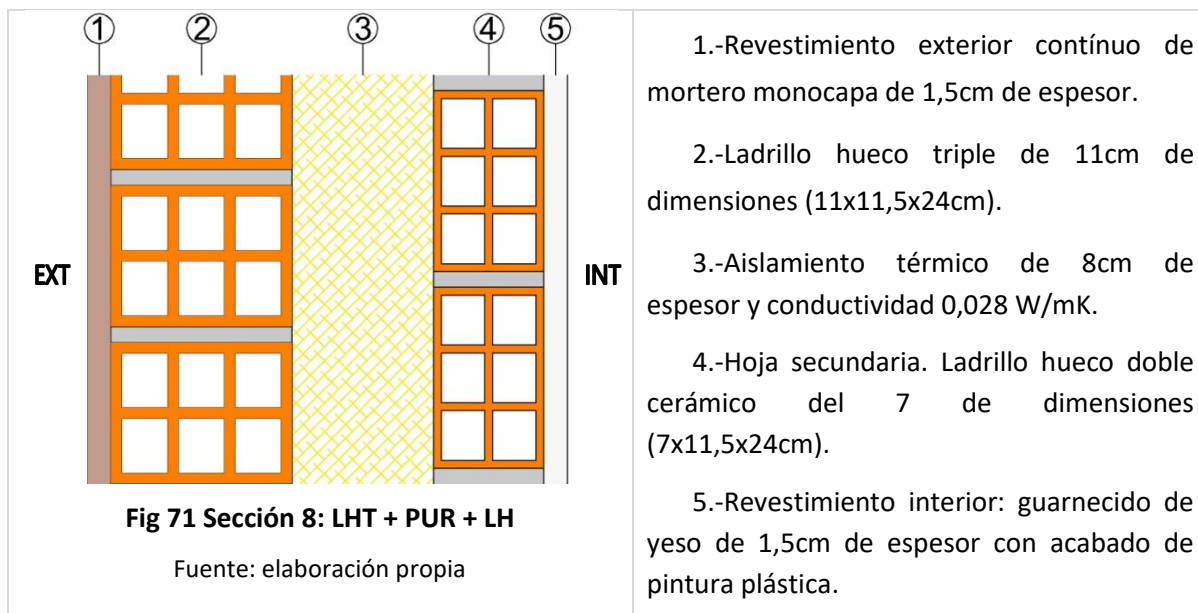


Fig 70 Certificación energética Sección 7: LHT + EPS + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.1.8.- Análisis de una fachada con Ladrillo revestido + PUR + Ladrillo Hueco

La Fig 71 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y aislamiento de poliuretano proyectado. La hoja exterior es ladrillo hueco triple y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliuretano proyectado para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 4cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	25,68	4,47
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

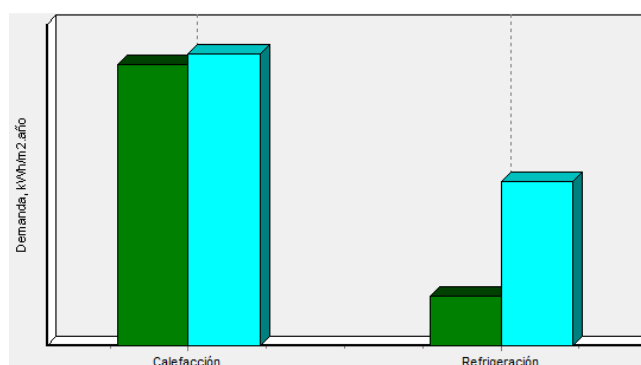


Fig 72 Cumplimiento HE1 2013. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento de poliuretano proyectado de 4cm de espesor, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	56,94
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

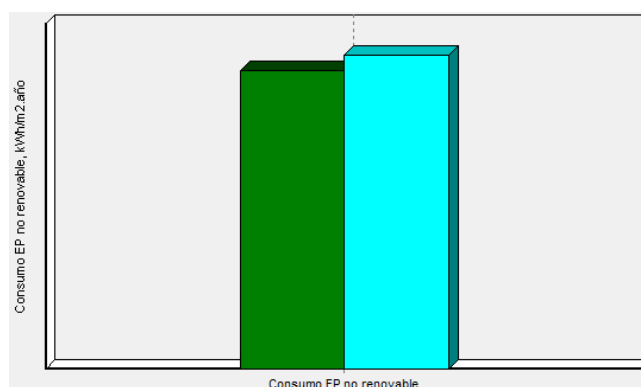


Fig 73 Cumplimiento HE0 2013. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada revestida de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliuretano proyectado sea de 4cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliuretano proyectado necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento térmico de poliuretano proyectado para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 8cm.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 74 Cumplimiento HE1 2018. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumple con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,45	4,97

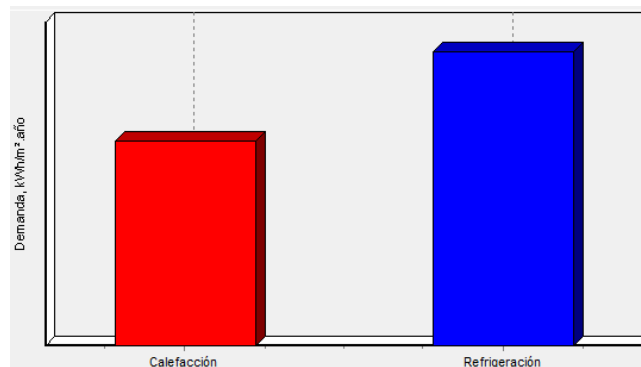


Fig 75 Cumplimiento HE1 2018. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	21,90	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,10	64,00	CUMPLE

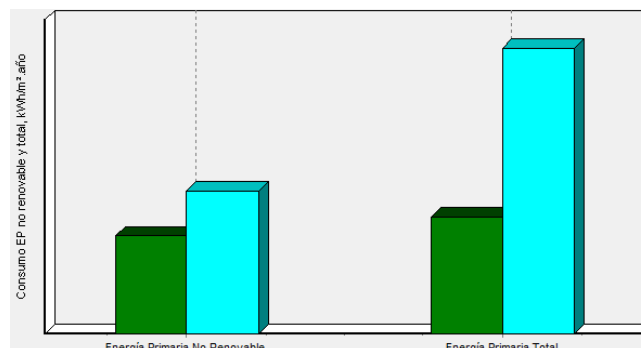


Fig 76 Cumplimiento HE0 2018. Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: elaboración propia

Tal y como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2018, para que la fachada revestida de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento de poliuretano proyectado sea de 8cm.

Tabla 23 Solución Sección 8: LHT + PUR + LH

SECCIÓN 8 (LHT + PUR + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
4cm	8cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda sometida a estudio, se obtiene el siguiente indicador:

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO ₂ /m ² año	Edificio Objeto
<div> <div><8,3 A</div> <div>8,3-14,3 B</div> <div>14,3-23,4 C</div> <div>23,4-36,7 D</div> <div>36,7-67,4 E</div> <div>67,4-86,9 F</div> <div>>86,9 G</div> </div>	<div>7,6 A</div>

Fig 77 Certificación energética Sección 8: LHT + PUR + LH (espesor aislante = 8cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.2.-ESTUDIO REALIZADO CON LA MISMA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA

El procedimiento de una única conductividad térmica permite realizar una comparación entre los precios obtenidos con anterioridad.

Para ello es necesario seleccionar un valor de conductividad térmica. En este caso el valor escogido, pese a no ser el valor medio, es el de 0,032 W/m²K, ya que se ha considerado un valor adecuado para trabajar con el programa Hulc.

Conocida la conductividad térmica de los materiales con los que se va a trabajar y la conductividad térmica recomendada, se realiza un predimensionamiento que permitirá realizar una aproximación inicial de cuál será el espesor de aislamiento idóneo para cumplir con la normativa del año 2018.

1.-Ladrillo Caravista + Aislamiento + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,115}{0,533} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{e}{0,032} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,032} + 0,58276} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,01865}{0,032}$$

$$e = 0,092\text{m} = 9,2\text{cm}$$

2.-Ladrillo revestido + Aislamiento + Ladrillo Hueco

$$U = \frac{1}{0,04 + \frac{0,015}{0,7} + \frac{0,11}{0,456} + \frac{e}{0,032} + \frac{0,07}{0,469} + \frac{0,015}{0,57} + 0,13} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\frac{1}{\frac{e}{0,032} + 0,60823} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$1 = 0,29 \cdot \frac{e + 0,01946}{0,032}$$

$$e = 0,091\text{m} = 9,1\text{cm}$$

Tabla 24 Espesores comerciales de cada sección

		Espesor (cm)	Espesor comercial (cm)
FACHADAS	1	9,2	9
	2	9,1	9

Fuente: elaboración propia

Aunque estos valores son aproximados, van a servir para saber a partir de que espesor de aislante térmico va a cumplir la sección analizada en el programa Hulc y minimizar el trabajo de búsqueda de resultados.

Destacar que un valor inferior a estos espesores, no va a ser recomendado, ya que así viene definido en el DB HE 2018, y esto no ha sufrido ninguna modificación respecto al anterior DB HE 2013.

7.2.1.- Análisis de una fachada con Ladrillo Caravista + Aislamiento + Ladrillo Hueco

La Fig 78 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y un aislamiento térmico de conductividad 0,032 W/mK. La hoja exterior es ladrillo caravista y la interior ladrillo cerámico.

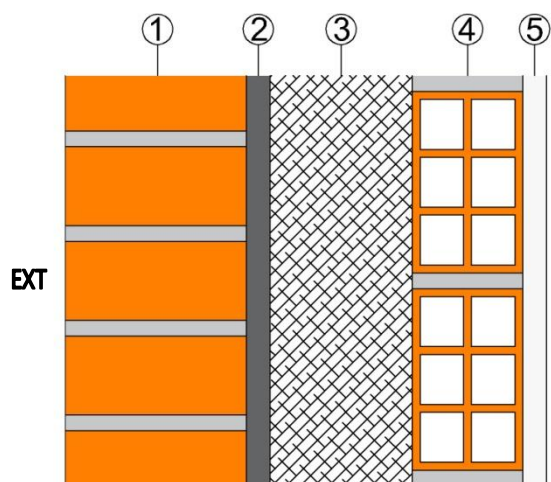


Fig 78 Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH

Fuente: elaboración propia

1.-Hoja principal. Ladrillo caravista de dimensiones (5x11,5x24cm).

2.-Revestimiento interior de mortero de cemento de 1,5cm de espesor.

3.-Aislamiento térmico de 9cm de espesor y conductividad térmica de 0,032 W/mK.

4.-Hoja secundaria. Ladrillo hueco doble cerámico del 7 de dimensiones (7x11,5x24cm).

5.-Revestimiento interior: guarnecido de yeso de 1,5cm de espesor con acabado de pintura plástica.

A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 4cm.

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	26,55	4,42
Demanda Límite (kWh/m ² año)	26,67	15,00

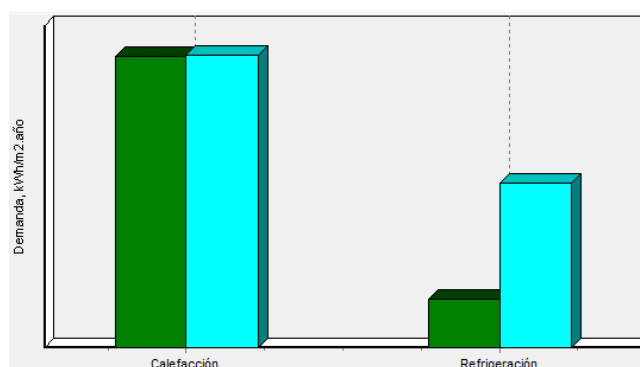


Fig 79 Cumplimiento HE1 2013. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK y un espesor de 4cm, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto (kWh/m ² año)	57,83
Consumo EP no renovable Límite (kWh/m ² año)	60,00

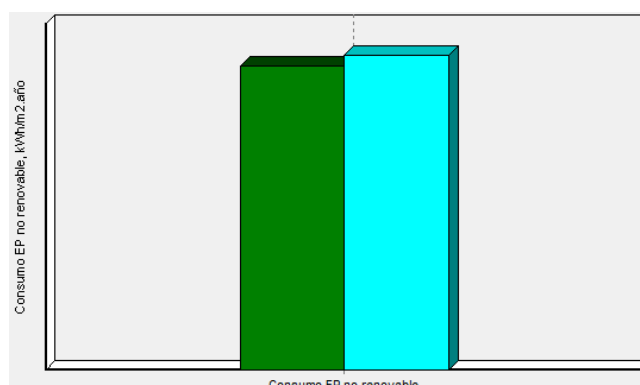


Fig 80 Cumplimiento HE0 2013. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada caravista de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK sea de 4cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico genérico necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK para una fachada caravista aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 9m.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, K (W/m ² K)	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 81 Cumplimiento HE1 2018. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumplirá con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m ² año)	3,58	4,96

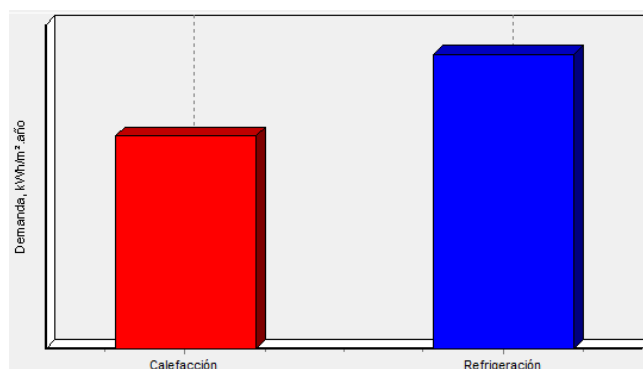


Fig 82 Cumplimiento HE1 2018. Sección 9: 9cm de espesor.

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m²año)	22,00	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m²año)	26,20	64,00	CUMPLE

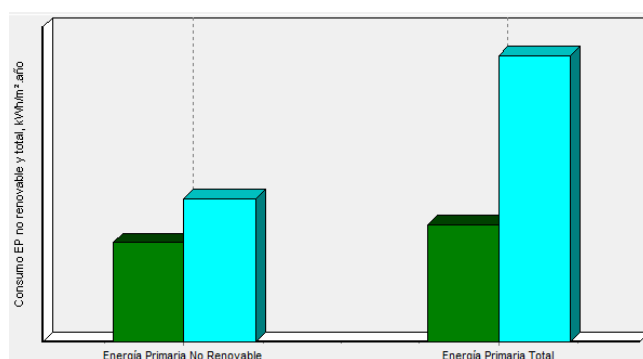


Fig 83 Cumplimiento HE0 2018. Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2018, para que la fachada caravista de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK sea de 9cm.

Tabla 25 Solución Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH

SECCIÓN 9 (CV + AISLAMIENTO + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
4cm	9cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda, se obtiene el siguiente indicador:

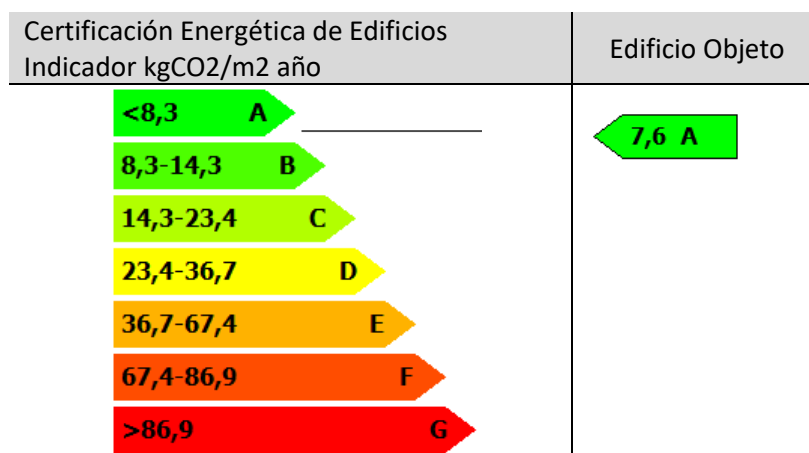
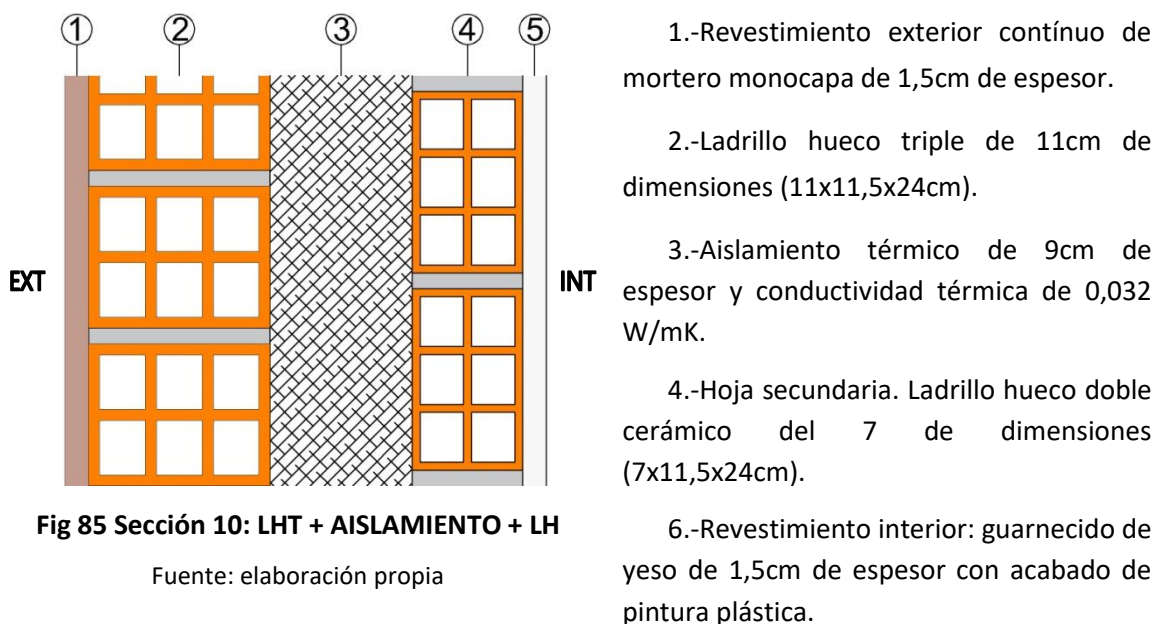


Fig 84 Certificación energética Sección 9: CV + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

7.2.2.- Análisis de una fachada con Ladrillo Revestido + Aislamiento + Ladrillo Hueco

La Fig 85 corresponde a la sección de una fachada de dos hojas y un aislamiento de conductividad 0,032 W/mK. La hoja principal es ladrillo hueco triple y la interior ladrillo cerámico.



A continuación se trasladan los valores al programa Hulc, en las versiones 2013 y 2018, con la finalidad de averiguar cuál es el espesor mínimo de aislamiento térmico para cumplir con la normativa de cada uno de los años en cuestión.

En primer lugar se realiza el estudio con respecto a la normativa del año 2013. Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 4cm.

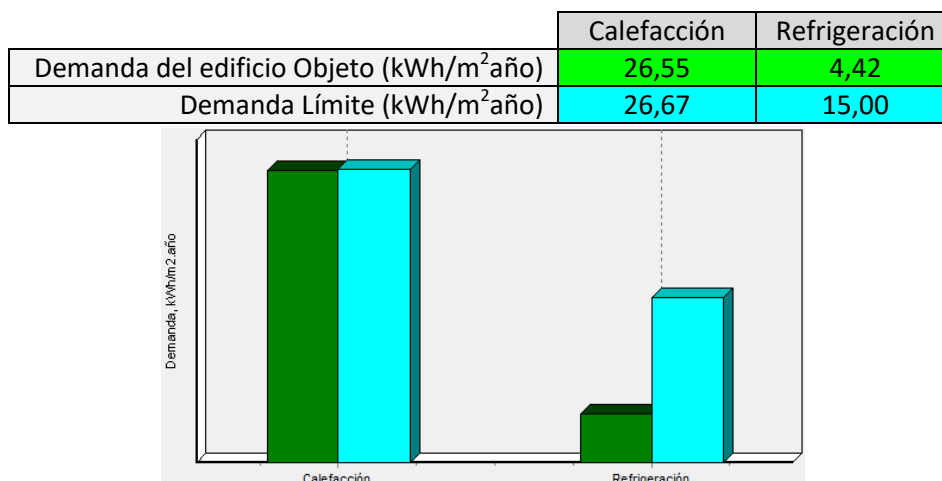


Fig 86 Cumplimiento HE1 2013. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez verificado el cumplimiento de la normativa HE1 con un aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK y un espesor de 4cm, se procede a verificar el HE0, analizando el consumo de Energía Primaria no renovable anual del edificio.

	Consumo EP no renovable
Consumo EP no renovable del edificio Objeto ($\text{kWh/m}^2\text{año}$)	57,83
Consumo EP no renovable Límite ($\text{kWh/m}^2\text{año}$)	60,00

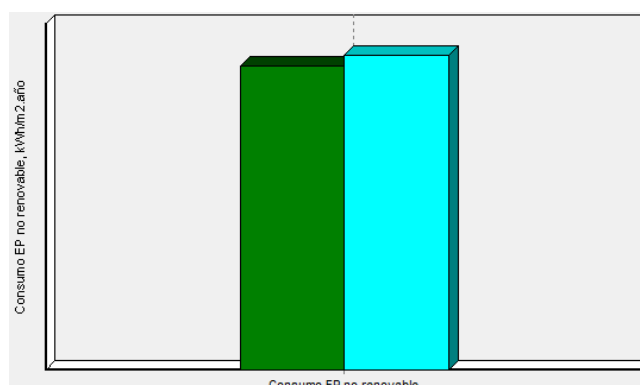


Fig 87 Cumplimiento HE0 2013. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 4cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2013, para que la fachada revestida de la vivienda analizada cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de $0,032 \text{ W/mK}$ sea de 4cm.

Una vez obtenido el espesor mínimo de aislamiento térmico genérico necesario según el DB HE 2013, se procede a estudiar cuál será el espesor mínimo necesario para el nuevo DB HE 2018.

Analizando el cumplimiento del HE1, el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de $0,032 \text{ W/mK}$ para una fachada revestida aplicada al modelo de vivienda sometido a estudio es de 9m.

		Valor límite	
Transmitancia térmica global, $K (\text{W/m}^2\text{K})$	0,56	0,56	CUMPLE

Fig 88 Cumplimiento HE1 2018. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Una vez que el resultado obtenido es satisfactorio, la envolvente cumplirá con lo dispuesto en el HE1.

Tras la aplicación del nuevo código técnico, no existe un límite establecido en la demanda anual de calefacción y refrigeración, por lo que se obtienen lo siguiente:

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto ($\text{kWh/m}^2\text{año}$)	3,52	4,96

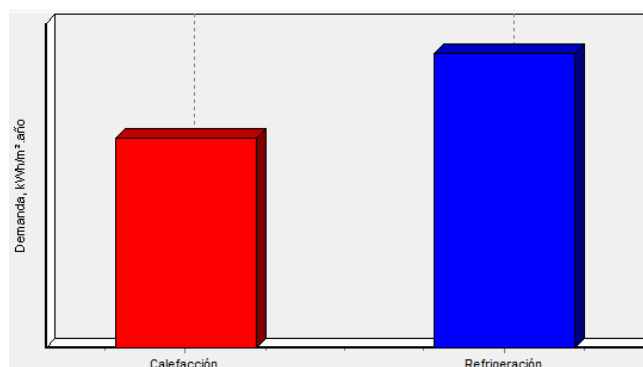


Fig 89 Cumplimiento HE1 2018. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Para verificar el cumplimiento del HE0, se procede a analizar el consumo de energía primaria no renovable y el consumo de energía primaria total. El valor límite de dicho consumo viene definido a continuación y es el siguiente:

		Valor límite	
Consumo EP no renovable (kWh/m ² año)	22,00	32,00	CUMPLE
Consumo EP total (kWh/m ² año)	26,20	64,00	CUMPLE

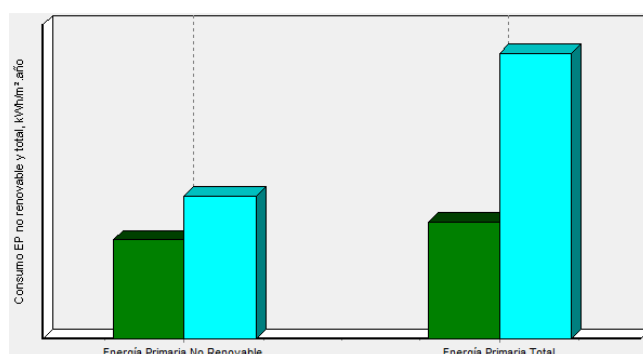


Fig 90 Cumplimiento HE0 2018. Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en los datos obtenidos con el programa Hulc 2018, para que la fachada revestida de la vivienda sometida a estudio cumpla con lo establecido en el HE0 y el HE1, es necesario que el espesor mínimo de aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032 W/mK sea de 9cm.

Tabla 26 Solución Sección 9: LHT + AISLAMIENTO + LH

SECCIÓN 9 (LHT + AISLAMIENTO + LH)	
Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2013	Espesor mínimo de aislamiento térmico según DB HE 2018
4cm	9cm

Fuente: elaboración propia

Tras la realización del estudio de eficiencia energética de la vivienda, se obtiene el siguiente indicador:

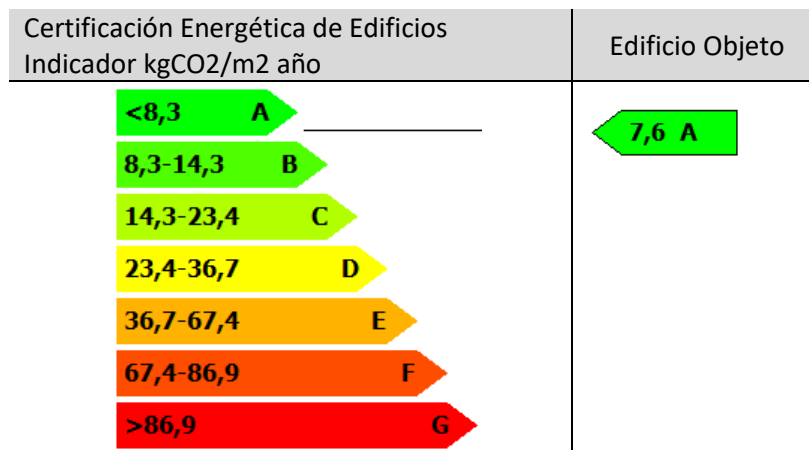


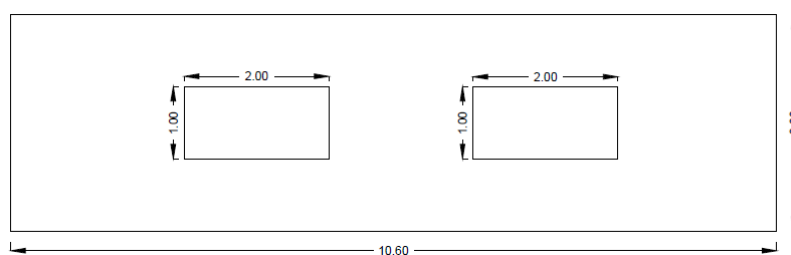
Fig 91 Certificación energética Sección 10: LHT + AISLAMIENTO + LH (espesor aislante = 9cm)

Fuente: datos obtenidos del programa Hulc 2018

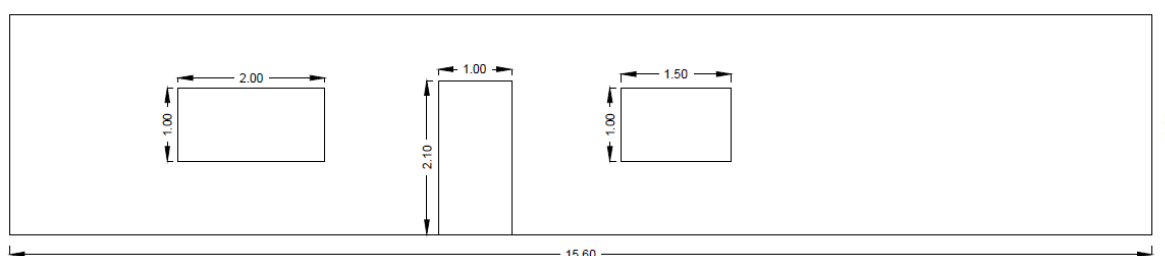
8.-ESTUDIO ECONÓMICO DE LOS AISLAMIENTOS TÉRMICOS

Para realizar el estudio económico de la vivienda tipo, es necesario conocer la superficie de fachada que compone la totalidad de la vivienda. Para ello, vienen definidos a continuación los alzados de cada una de sus orientaciones.

Fachada Sur



Fachada Este



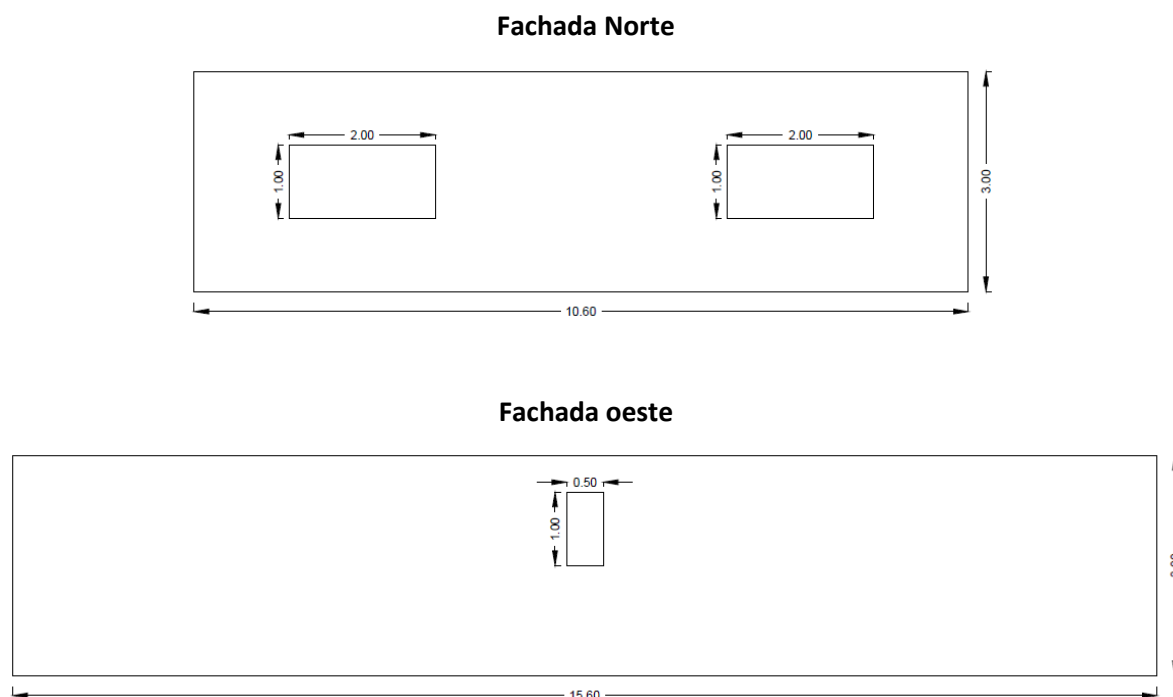


Fig 92 Alzados de la vivienda

Fuente: elaboración propia

A continuación se desarrollan las superficies de cada una de las fachadas, descontando los huecos, que son las siguientes:

Superficie total = Σ Superficie de las fachadas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{-Fachada Sur} = ((10,60 \cdot 3,00) - (2 \cdot 1,00 \cdot 2,00)) = 27,8\text{m}^2 \\ \text{-Fachada Este} = ((15,60 \cdot 3,00) - ((1,00 \cdot 2,00) + (2,10 \cdot 1,00) + (1,50 \cdot 1,00))) = 41,2\text{m}^2 \\ \text{-Fachada Norte} = ((10,60 \cdot 3,00) - (2 \cdot 1,00 \cdot 2,00)) = 27,8\text{m}^2 \\ \text{-Fachada Oeste} = ((15,60 \cdot 3,00) - (1,00 \cdot 0,50)) = 46,3\text{m}^2 \end{array} \right.$$

-Superficie total fachada = $27,8 + 41,2 + 27,8 + 46,3 = 143,1\text{m}^2$

La superficie total de fachada que forma parte de la envolvente térmica y permite analizar cuál es el precio final del aislamiento térmico necesario para cada una de las tipologías constructivas es $143,1\text{m}^2$.

Dado que se analizan cuatro materiales distintos desempeñando la función de aislamiento térmico y cada uno de ellos posee una conductividad térmica distinta, los valores obtenidos serán distintos para cada una de las fachadas.

Teniendo en cuenta la superficie obtenida, se procede a analizar el precio de cada uno de los aislamientos térmicos seleccionados con anterioridad. Para ello se accede a los catálogos comerciales de las distintas empresas suministradoras de material y se cuantifica a continuación el precio.

8.1.1.-Fachada de Poliestireno Extrusionado (XPS)

El aislamiento térmico de poliestireno extrusionado se ha obtenido del catálogo comercial de la empresa URSA, en el que se ofrecen los precios para cada uno de los diferentes materiales. En este caso se ha escogido el poliestireno extrusionado URSA XPS F N-W E, suministrado en planchas de 0,6 x 1,25m.

Tabla 27 Precios del Poliestireno Extrusionado URSA

XPS fachada. URSA XPS F N-W E		
Espesor (mm)	Conductividad (W/mK)	Precio (€/m ²)
30	0,036	5,04
40		6,72
50		8,40
60		10,09
80		13,45
100		17,47

Fuente: catálogo comercial URSA (Bidwell, 1868; Xps, 2005)

El motivo de la elección de esta empresa es debido a que ofrece unas calidades y garantías apropiadas, además de ser una de las empresas con mayor fabricación de poliestireno extrusionado (XPS) de Europa.

A continuación se calcula el precio del aislamiento según el DB HE 2013 y 2018:

Precio del aislamiento según DB HE 2013

Según el DB HE 2013, el espesor mínimo de poliestireno extrusionado de 0,036W/mK necesario para cumplir con la normativa es de 5cm, por lo que el precio es el siguiente:

- **Precio** = 8,40€/m²

Precio del aislamiento según DB HE 2018

Dado que, para cumplir con la normativa 2018, el aislamiento térmico de poliestireno extrusionado tiene un espesor mínimo de 10cm, es posible su puesta en obra de las siguientes maneras:

- Solución 1: una plancha de 100mm de espesor.
- Solución 2: dos planchas 50mm de espesor.
- Solución 3: dos planchas de 40mm y 60mm, respectivamente.
- Solución 4: tres planchas: dos de 30mm y una de 40mm.

- **Precio Solución 1** = 17,47€/m²
- **Precio Solución 2** = 2 · 8,40€/m² = 16,80€/m²
- **Precio Solución 3** = 6,72 + 10,09€/m² = 16,81€/m²
- **Precio Solución 4** = ((2 · 5,04) + 6,72€/m²) = 16,80€/m²

Conociendo el precio final de cada una de las formas de disponerlo en la fachada, se observa como resulta más caro colocar un aislamiento de 10cm de espesor que dividirlo en varias planchas, por lo que se descarta la colocación de un aislamiento continuo de 10cm.

A parte de ser más barato, es beneficioso optar por la colocación de 2 planchas de aislamiento porque se reducen los puentes térmicos originados por las juntas entre ellas.

Dado que el precio más bajo coincide en dos de los resultados anteriores, se elige aquel que permita una mayor sencillez de montaje.



Fig 93 URSA F N-W E XPS

Fuente: (Bidwell, 1868)

Escogiendo la opción de colocar una plancha de 4cm y otra de 6cm, su puesta en obra es menos sencilla, debido a que al existir dos espesores distintos, el trabajo es más minucioso y lento, por lo que la opción más conveniente es la colocación de dos planchas de 5cm cada una. En este caso se elimina la diferencia de espesores por lo que la sencillez de trabajo es mejor.

Por último, puede resultar conveniente colocar la plancha de 10cm si se desea, dado que la diferencia de precio no es muy elevada, pero eligiendo otras opciones se va a mejorar mucho más la eficiencia energética.

Tabla 28 Precio del XPS según DB HE 2013 y 2018

Precio aislamiento según DB HE 2013 (€/m ²)	Precio aislamiento según DB HE 2018 (€/m ²)
8,40	16,80

Fuente: elaboración propia y catálogo comercial de URSA

Una vez conocido el precio final del aislamiento térmico del poliestireno extrusionado para una fachada, se procede a calcular cual es la variación de precio producida tras la modificación del DB HE 2013.

$$P = P_{2018} - P_{2013} = 16,80 - 8,40 = \mathbf{8,40\text{€/m}^2}$$

donde:

$$P = \text{precio (€/m}^2\text{)}$$

Dado que este dato numérico es muy subjetivo, se procede a cuantificar cuál es la variación de precio, expresada en porcentaje:

$$\Delta\text{Precio} = \frac{P_{2018} - P_{2013}}{P_{2013}} \cdot 100$$

$$\Delta\text{Precio} = \frac{16,80 - 8,40}{8,40} \cdot 100 = 50\%$$

El aumento de precio tras la modificación del DB HE 2013 es de un 50% en el poliestireno extrusionado (XPS).

El precio final de todo el conjunto de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado de la vivienda sometida a estudio es el siguiente:

Precio final de la fachada según DB HE 2013

- **Precio** = $143,1\text{m}^2 \cdot 8,40\text{€/m}^2 = \mathbf{1.202,04\text{€}}$

Precio final de la fachada según DB HE 2018

- **Precio Solución 2** = $143,1\text{m}^2 \cdot (2 \cdot 8,40\text{€/m}^2) = \mathbf{2.404,08\text{€}}$

Tabla 29 Precio del Poliestireno extrusionado (XPS)

	Precio del aislamiento térmico (€/m ²)	Precio total del aislamiento térmico (€)
DB HE 2013	8,40	1.202,04
DB HE 2018	16,80	2.404,08

Fuente: catálogo comercial URSA

8.1.2.-Fachada de Lana Mineral (LM)

El siguiente aislamiento térmico de lana mineral también ha sido obtenido de la empresa URSA. Accediendo a su catálogo de precios recomendados, se ha elegido la lana mineral URSA TERRA Mur P1281, suministrada en rollo.

Tabla 30 Precios de Lana Mineral URSA

LM fachada. URSA TERRA Mur P1281		
Espesor (mm)	Conductividad (W/mK)	Precio (€/m ²)
50	0,038	2,80
60		3,34
75		4,48
100		5,78
120		7,01
130		7,62

Fuente: (Bidwell, 1868)

El motivo de la elección de esta empresa ha sido mencionado en el apartado 8.1.1.- Fachada de Poliestireno Extrusionado (XPS) y al pertenecer a la misma casa comercial, es el mismo.

A continuación se calcula el precio del aislamiento según el DB HE 2013 y 2018:

Precio del aislamiento según DB HE 2013

Según el DB HE 2013, el espesor mínimo de lana mineral de 0,038W/mK necesario para cumplir con la normativa es de 5cm, por lo que el precio es el siguiente:

- **Precio** = 2,80€/m²

Precio del aislamiento según DB HE 2018

Dado que, para cumplir con la normativa 2018, el aislamiento térmico de lana mineral tiene un espesor mínimo de 11cm, es posible su puesta en obra de las siguientes maneras:

- Solución 1: dos capas de 50mm y 60mm, respectivamente.
- Solución 2: dos capas de 60mm, sobrepasando el espesor de 110mm necesario, pero mejorando el aislamiento.
- Solución 3: una capa de 120mm, sobrepasando el espesor de 110mm necesario, pero mejorando el aislamiento.

- **Precio Solución 1** = 2,80€/m² + 3,34€/m² = **6,14€/m²**
- **Precio Solución 2** = 2 · 3,34€/m² = **6,68€/m²**
- **Precio Solución 3** = **7,01€/m²**

Como se observa en los precios finales, la opción más rentable es la de colocar dos mantas de lana mineral de 50 y 60mm respectivamente.

Podría ser útil colocar dos mantas de 60mm cada una para aligerar mano de obra, pero va a ser más caro, por lo que esa opción queda descartada.

La última, y menos conveniente, es la de un espesor de 120mm. Dado que su precio es el más elevado y, además, sobrepasa el aislante mínimo necesario, no será utilizada como solución en esta sección.

URSA TERRA
Mur P1281



Fig 94 URSA Terra LM

Fuente: (Bidwell, 1868)

Tabla 31 Precio de la LM según DB HE 2013 y 2018

Precio aislamiento según DB HE 2013 (€/m ²)	Precio aislamiento según DB HE 2018 (€/m ²)
2,80	6,14

Fuente: elaboración propia y catálogo comercial de URSA

Una vez conocido el precio final del aislamiento térmico de lana mineral para una fachada, se procede a calcular cual es la variación de precio producida tras la modificación del DB HE 2013.

$$P = P_{2018} - P_{2013} = 6,14 - 2,80 = \mathbf{3,34\text{€/m}^2}$$

donde:

$$P = \text{precio (€/m}^2\text{)}$$

Dado que este dato numérico es muy subjetivo, se procede a cuantificar cuál es la variación de precio, expresada en porcentaje:

$$\Delta\text{Precio} = \frac{P_{2018} - P_{2013}}{P_{2013}} \cdot 100$$

$$\Delta\text{Precio} = \frac{6,14 - 2,80}{6,14} \cdot 100 = 54,4\%$$

El aumento de precio tras la modificación del DB HE 2013 es de un 54,4% en la lana mineral (LM).

El precio final de todo el conjunto de aislamiento térmico de lana mineral de la vivienda sometida a estudio es el siguiente:

Precio final de la fachada según DB HE 2013

- **Precio** = $143,1\text{m}^2 \cdot 2,80\text{€/m}^2 = \mathbf{400,68\text{€}}$

Precio final de la fachada según DB HE 2018

- **Precio Solución 1** = $143,1\text{m}^2 \cdot (2,80 + 3,34\text{€/m}^2) = 878,63\text{€}$

Tabla 32 Precio de la Lana Mineral (LM)

	Precio del aislamiento térmico (€/m ²)	Precio total del aislamiento térmico (€)
DB HE 2013	2,80	400,68
DB HE 2018	6,14	878,63

Fuente: catálogo comercial

8.1.3- Fachada de Poliestireno Expandido (EPS)

El aislamiento térmico de poliestireno expandido se ha obtenido del catálogo comercial de la empresa Grupo Valero, en el que se ofrecen los precios para cada uno de los diferentes materiales. En este caso se ha escogido el poliestireno expandido Grafipol TR-32, suministrado en planchas de 0,6 x 2,80m.

A continuación viene definido el catálogo de precios del EPS.

Tabla 33 Precios de Poliestireno Expandido Grupo Valero

EPS fachada. Grafipol TR-32 (Grupo Valero)		
Espesor (mm)	Conductividad (W/mK)	Precio (€/m ²)
30	0,032	2,24
40		2,98
50		3,74
60		4,48
70		5,23
80		5,97
90		6,72
100		7,47
110		8,21

Fuente: (Bidwell, 1868; "FICHA TÉCNICA AISLAMIENTOS - GRAFIPOL TR-32," 2018)

El motivo de la elección de esta empresa es debido a que cumple con los requisitos de de calidad y servicio necesarios en sus productos. Destaca por ser una empresa que identifica sus productos de poliestireno expandido con colores, permitiendo distinguir las densidades de cada uno de ellos a simple vista.

A continuación se calcula el precio del aislamiento según el DB HE 2013 y 2018:

Precio del aislamiento según DB HE 2013

Según el DB HE 2013, el espesor mínimo de poliestireno expandido de 0,032W/mK necesario para cumplir con la normativa es de 4cm, por lo que el precio es el siguiente:

- **Precio** = 2,98€/m²

Precio del aislamiento según DB HE 2018

Dado que, para cumplir con la normativa 2018, el aislamiento térmico de poliestireno expandido tiene un espesor mínimo de 9mm, es posible su puesta en obra de las siguientes maneras:

- Solución 1: una plancha de 90mm.
- Solución 2: dos planchas de 40mm y 50mm, respectivamente.
- Solución 3: dos planchas de 30mm y 60mm, respectivamente.
- Solución 4: tres planchas de 30mm.

- **Precio Solución 1** = 6,72€/m²
- **Precio Solución 2** = 2,98€/m² + 3,74€/m² = 6,72€
- **Precio Solución 3** = 2,24€/m² + 4,48€/m² = 6,72€
- **Precio Solución 4** = 3 · 2,24€/m² = 6,72€

Como se observa en los precios finales de cada una de las opciones de disposición en la fachada, los resultados son coincidentes. De esta manera, a nivel de precio, es indiferente la utilización de una plancha de poliestireno expandido o de varias.

Para intentar reducir los puentes térmicos, es conveniente colocar varias planchas.

En este caso se descarta la opción de colocar un doble aislamiento de 40 y 50mm, ya que la diferencia entre ambos es mínima y puede dar lugar a confusión en obra.

También se descarta la opción de utilizar tres planchas de aislamiento, ya que la ejecución del trabajo va a ser mayor, por lo que el precio de mano de obra aumentará.

La opción más conveniente es colocar en primer lugar una plancha de 60mm y a continuación la de 30mm.

TR-32 aislamiento térmico

DENOMINACIÓN COMERCIAL
 GRAFIPOL TR-32 SE

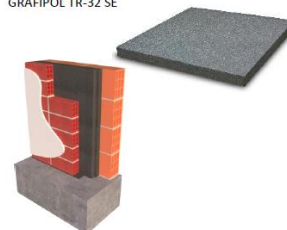


Fig 95 Grafipol TR-32 EPS

Fuente: ("FICHA TÉCNICA AISLAMIENTOS - GRAFIPOL TR-32," 2018)

Tabla 34 Precio del EPS según DB HE 2013 y 2018

Precio aislamiento según DB HE 2013 (€/m ²)	Precio aislamiento según DB HE 2018 (€/m ²)
2,98	6,72

Fuente: elaboración propia y catálogo comercial Grupo Valero

Una vez conocido el precio final del aislamiento térmico de poliestireno expandido para una fachada, se procede a calcular cual es la variación de precio producida tras la modificación del DB HE 2013.

$$P = P_{2018} - P_{2013} = 6,72 - 2,98 = \mathbf{3,74€/m^2}$$

donde:

$$P = \text{precio (€/m}^2\text{)}$$

Dado que este dato numérico es muy subjetivo, se procede a cuantificar cuál es la variación de precio, expresada en porcentaje:

$$\Delta \text{Precio} = \frac{P_{2018} - P_{2013}}{P_{2018}} \cdot 100$$

$$\Delta \text{Precio} = \frac{6,72 - 2,98}{6,72} \cdot 100 = 55,65\%$$

El aumento de precio tras la modificación del DB HE 2013 es de un 55,65% en el poliestireno expandido (EPS).

El precio final de todo el conjunto de aislamiento térmico de poliestireno expandido de la vivienda sometida a estudio es el siguiente:

Precio final de la fachada según DB HE 2013

- **Precio** = $143,1\text{m}^2 \cdot 2,98\text{€/m}^2 = 426,44\text{€}$

Precio final de la fachada según DB HE 2018

- **Precio Solución 3** = $143,1\text{m}^2 \cdot (2,24 + 4,48\text{€/m}^2) = 961,63\text{€}$

Tabla 35 Precio del Poliestireno Expandido (EPS)

	Precio del aislamiento térmico (€/m ²)	Precio total del aislamiento térmico (€)
DB HE 2013	2,98	426,44
DB HE 2018	6,72	961,63

Fuente: catálogo comercial Grupo Valero

8.1.4.-Fachada de Poliuretano Proyectado (PUR)

El aislamiento térmico de poliuretano proyectado se ha obtenido de la empresa Aislamiento Mario – Grupo Clima. A diferencia de los anteriores, en este caso se ha solicitado información vía telefónica para cada uno de los casos a estudio, obteniendo los siguientes precios:

Tabla 36 Precios de Poliuretano Proyectado

Poliuretano proyectado		
Espesor (mm)	Conductividad (W/mK)	Precio (€/m ²)
40	0,028	5,12
80		7,38

Fuente: Aislamientos Mario

El motivo de la elección de esta empresa es debido a su experiencia en el sector de la construcción, calidades garantizadas y materiales ecológicos utilizados, además de ofrecer cobertura a nivel nacional.

A continuación se calcula el precio del aislamiento según el DB HE 2013 y 2018:

Precio del aislamiento según DB HE 2013

Según el DB HE 2013, el espesor mínimo de poliuretano proyectado de 0,028W/mK necesario para cumplir con la normativa es de 4cm, por lo que el precio es el siguiente:

- **Precio** = 5,12€/m²

Precio del aislamiento según DB HE 2018

Dado que, para cumplir con la normativa 2018, el aislamiento térmico de poliuretano proyectado tiene un espesor mínimo de 8cm, el precio es el siguiente:

- **Precio** = 7,38€/m²

Conocidos los precios del aislamiento térmico de poliuretano proyectado para cumplir con el DB HE 2013 y 2018, se observa una variación más pequeña que en los otros materiales. Esto es debido a que, aunque el espesor es el doble, el poliuretano proyectado va asociado a unos medios mecánicos que siguen siendo los mismos, al igual que la mano de obra.

Es por este motivo que, el precio para cumplir con el DB HE 2018 no es el doble que para cumplir con el DB HE 2013, pese a ser el doble de espesor.



Fig 96 Proyección del poliuretano

Fuente: aislamientos Mario

Tabla 37 Precio del PUR según DB HE 2013 y 2018

Precio aislamiento según DB HE 2013 (€/m ²)	Precio aislamiento según DB HE 2018 (€/m ²)
5,12	7,38

Fuente: elaboración propia y aislamientos Mario

Una vez conocido el precio final del aislamiento térmico de poliuretano proyectado para una fachada, se procede a calcular cual es la variación de precio producida tras la modificación del DB HE 2013.

$$P = P_{2018} - P_{2013} = 7,38 - 5,12 = \mathbf{2,26€/m^2}$$

donde:

$$P = \text{precio (€/m}^2\text{)}$$

Dado que este dato numérico es muy subjetivo, se procede a cuantificar cuál es la variación de precio, expresada en porcentaje:

$$\Delta \text{Precio} = \frac{P_{2018} - P_{2013}}{P_{2013}} \cdot 100$$

$$\Delta \text{Precio} = \frac{7,38 - 5,12}{5,12} \cdot 100 = 43,75\%$$

El aumento de precio tras la modificación del DB HE 2013 es de un 43,75% en el poliuretano proyectado (PUR).

El precio final de todo el conjunto de aislamiento térmico de poliestireno extrusionado de la vivienda sometida a estudio es el siguiente:

Precio final de la fachada según DB HE 2013

- **Precio** = $143,1\text{m}^2 \cdot 5,12\text{€/m}^2 = \mathbf{732,67\text{€}}$

Precio final de la fachada según DB HE 2018

- **Precio** = $143,1\text{m}^2 \cdot 7,38\text{€/m}^2 = \mathbf{1.056,08\text{€}}$

Tabla 38 Precio del Poliuretano Proyectado (PUR)

	Precio del aislamiento térmico (€/m ²)	Precio total del aislamiento térmico (€)
DB HE 2013	5,12	732,67
DB HE 2018	7,38	1.056,08

Fuente: aislamientos Mario

8.1.5.-Fachada con aislamiento genérico de conductividad térmica 0,032W/mK

A continuación se calcula el precio de un aislamiento genérico con una conductividad térmica de 0,032W/mK.

Esto permite obtener un precio final comparable a los precios de los materiales aislantes definidos con anterioridad.

Para fijar los precios, se ha realizado una supervisión de los catálogos de los distintos fabricantes de aislantes térmicos, y se ha seleccionado un precio acorde a su espesor.

Tabla 39 Precios del aislamiento genérico

Espesor (mm)	Conductividad (W/mK)	Precio (€/m ²)
30	0,032	3,37
40		4,26
50		5,16
60		6,04
80		6,85
90		7,97
100		9,12
110		10,31
120		11,39

Fuente: Elaboración propia

A continuación se calcula el precio del aislamiento según el DB HE 2013 y 2018:

Precio del aislamiento según DB HE 2013

Según el DB HE 2013, el espesor mínimo del aislamiento genérico de 0,032W/mK necesario para cumplir con la normativa es de 4cm, por lo que el precio es el siguiente:

- **Precio** = 4,26€/m²

Precio del aislamiento según DB HE 2018

Dado que, para cumplir con la normativa 2018, el aislamiento térmico genérico tiene un espesor mínimo de 9m, es posible su puesta en obra de las siguientes maneras:

1.-Aislamiento en forma de rollo o planchas.

-Solución 1: una plancha de 90mm.

-Solución 2: dos planchas de 40mm y 50mm, respectivamente.

-Solución 3: dos planchas de 30mm y 60mm, respectivamente.

-Solución 4: tres planchas de 30mm.

- **Precio Solución 1** = $7,97\text{€/m}^2$
- **Precio Solución 2** = $4,26\text{€/m}^2 + 5,16\text{€/m}^2 = 9,42\text{€/m}^2$
- **Precio Solución 3** = $3,37\text{€/m}^2 + 6,04\text{€/m}^2 = 9,41\text{€/m}^2$
- **Precio Solución 4** = $3 \cdot 3,37\text{€/m}^2 = 10,11\text{€/m}^2$

2.-Aislamiento en forma de espuma proyectada.

- **Precio Solución 5** = $7,97\text{€/m}^2$

La diferencia de precios entre colocar una plancha de aislamiento genérico o varias es muy elevada, por lo que se descartan estas últimas.

La opción más conveniente es colocar una plancha de 90mm en caso de ser un aislamiento discontinuo, o un aislamiento continuo de 90mm de espuma proyectada.

Tabla 40 Precio del aislamiento genérico según DB HE 2013 y 2018

Precio aislamiento según DB HE 2013 (€/m ²)	Precio aislamiento según DB HE 2018 (€/m ²)
4,26	7,97

Fuente: elaboración propia

Una vez conocido el precio final del aislamiento térmico genérico para una fachada, se procede a calcular cual es la variación de precio producida tras la modificación del DB HE 2013.

$$P = P_{2018} - P_{2013} = 7,97 - 4,26 = 3,71\text{€/m}^2$$

donde:

$$P = \text{precio (€/m}^2\text{)}$$

Dado que este dato numérico es muy subjetivo, se procede a cuantificar cuál es la variación de precio, expresada en porcentaje:

$$\Delta \text{Precio} = \frac{P_{2018} - P_{2013}}{P_{2018}} \cdot 100$$

$$\Delta \text{Precio} = \frac{7,97 - 4,26}{7,97} \cdot 100 = 46,55\%$$

El aumento de precio tras la modificación del DB HE 2013 es de un 46,55% en el aislamiento genérico de 0,032W/mK.

El precio final de todo el conjunto de aislamiento térmico con conductividad térmica de 0,032W/mK de la vivienda sometida a estudio es el siguiente:

Precio final de la fachada según DB HE 2013

- **Precio** = $143,1\text{m}^2 \cdot 4,26\text{€/m}^2 = \mathbf{609,61\text{€}}$

Precio final de la fachada según DB HE 2018

- **Precio Solución 1** = $143,1\text{m}^2 \cdot 7,97\text{€/m}^2 = \mathbf{1.140,51\text{€}}$

Tabla 41 Precio del Poliuretano Proyectado (PUR)

	Precio del aislamiento térmico (€/m ²)	Precio total del aislamiento térmico (€)
DB HE 2013	4,26	609,61
DB HE 2018	7,97	1.140,51

Fuente: aislamientos Mario

9.-ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez definidos los espesores mínimos necesarios en cada una de las normativa de los diferentes años, se analizan los resultados del nuevo DB HE 2018.

Con respecto a la demanda anual de calefacción, los valores obtenidos están muy por debajo de los exigidos con respecto al DB HE 2013, mientras que la demanda de refrigeración se mantiene. Esto no afecta a la nueva normativa, ya que en estos momentos no está limitada la demanda, pero sí que afecta a la mejora de la demanda de calefacción, reduciéndola de manera considerable tras la aplicación del DB HE 2018.

Tabla 42 Cumplimiento del HE 1 según DB HE 2013 y 2018

		HE 1				
		2013		2018		
		Demanda del edificio (kWh/m²año)		Demanda del edificio(kWh/m²año)		Coeficiente K (W/m²K)
		Calefacción Límite 26,67	Refrigeración Límite 15,00	Calefacción	Refrigeración	
1	CV + XPS + LH	25,40	4,43	3,46	4,94	0,56
2	CV + LM + LH	25,98	4,42	3,44	4,97	0,56
3	CV + EPS + LH	26,55	4,43	3,58	4,96	0,56
4	CV + PUR + LH	25,10	4,42	3,50	4,97	0,56
5	LHT + XPS + LH	25,22	4,43	3,58	4,95	0,56
6	LHT + LM + LH	25,79	4,43	3,39	4,97	0,56
7	LHT + EPS + LH	26,34	4,43	3,53	4,97	0,56
8	LHT + PUR + LH	25,68	4,47	3,45	4,97	0,56
9	CV + AIS + LH	26,55	4,42	3,58	4,96	0,56
10	LHT + AIS + LH	26,55	4,42	3,52	4,96	0,56

Fuente: datos obtenidos de Hulec 2013 y 2018

El coeficiente global de transmisión de calor K es un valor común para todas las secciones analizadas, ya que depende especialmente de los puentes térmicos.

Como los puentes térmicos son iguales en todas las secciones analizadas, el coeficiente obtenido es el mismo.

Con respecto al consumo de energía primaria no renovable, se observa en la Tabla 42 que el límite se reduce de 60kWh/m²año a 32kWh/m²año, por lo que el aislamiento que en el DB HE 2013 cumplía con la normativa HE0, en el año DB HE 2018 ya no cumple.

Por otro lado, el consumo de energía primaria total límite es de 64kWh/m²año, que es prácticamente igual al consumo de energía primaria no renovable en el DB HE 2013, de

manera que, aparte de reducir el despilfarro de energía primaria no renovable consumida, se reduce también el consumo total hasta la mitad.

En la Tabla 43 se observan los valores obtenidos en el HE 0:

Tabla 43 Cumplimiento del HE 0 en 2013 y 2018

		HE 0		
		2013	2018	
		Consumo Energía Primaria no renovable Límite 60,00 (kWh/m ² año)	Consumo Energía Primaria no renovable Límite 32,00 (kWh/m ² año)	Consumo Energía Primaria total Límite 64,00 (kWh/m ² año)
1	CV + XPS + LH	56,57	21,90	26,10
2	CV + LM + LH	57,21	21,90	26,10
3	CV + EPS + LH	57,84	22,00	26,20
4	CV + PUR + LH	56,24	21,90	26,10
5	LHT + XPS + LH	56,38	22,00	26,20
6	LHT + LM + LH	57,01	21,90	26,10
7	LHT + EPS + LH	57,62	22,00	26,20
8	LHT + PUR + LH	56,94	21,90	26,10
9	CV + AIS + LH	57,83	22,00	26,20
10	LHT + AIS + LH	57,83	22,00	26,20

Fuente: datos obtenidos de Hulc 2013 y 2018

Conocidos los valores obtenidos en el HE 0 y HE 1, se analiza el precio por metro cuadrado de los distintos tipos de aislamiento térmico utilizados en las fachadas.

Teniendo en cuenta la solución idónea elegida con anterioridad, los precios del aislamiento con aplicación del DB HE 2013 son los siguientes:

Tabla 44 Precio de cada uno de los aislamientos térmicos año 2013

Material	Espesor (cm)	Precio (€/m ²)
Poliestireno Extruido	5	8,40
Lana Mineral	5	2,80
Poliestireno Expandido	4	2,98
Poliuretano Proyectado	4	5,12
Aislamiento Genérico	4	4,26

Fuente: catálogos de las diferentes casas comerciales y elaboración propia

Por otro lado, tras la actualización del DB HE en 2018, el precio final del aislamiento térmico de la fachada es el siguiente:

Tabla 45 Precio de cada uno de los aislamientos térmicos año 2018

Material	Espesor (cm)	Precio (€/m ²)
Poliestireno Extruido	50 + 50	16,8
Lana Mineral	50 + 60	6,14

Poliestireno Expandido	40 + 50	6,72
Poliuretano Proyectado	8	7,38
Aislamiento Genérico	9	7,97

Fuente: catálogos de las diferentes casas comerciales y elaboración propia

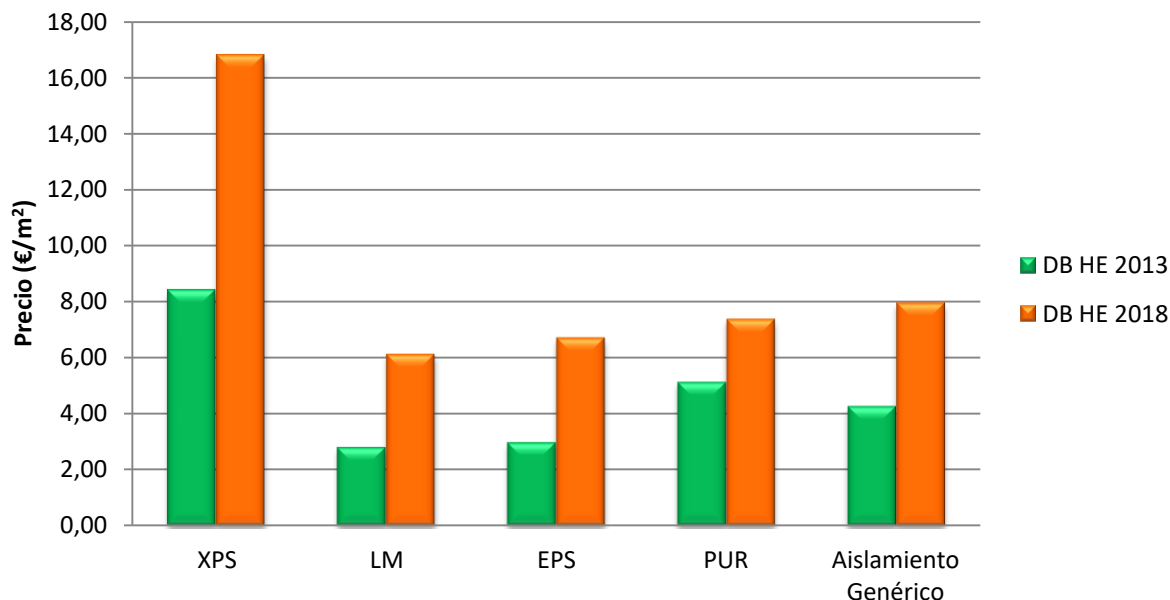


Fig 97 Evolución del precio del aislamiento del DB HE 2013 al DB HE 2018.

Fuente: catálogos de www.bricomart.es, www.herrerocons.es y www.generadordeprecios.com

Una vez definidos los precios para cada una de las normativas, se observa una elevada subida de precios, debido a que el espesor mínimo necesario se ha incrementado el doble, o incluso más, en algunos casos.

De esta manera, tras haber sometido a estudio la vivienda, se llega a la conclusión de que el aislamiento térmico más caro de todos los analizados es el poliestireno extrusionado (XPS).

Mientras en el año 2013 únicamente el poliestireno extrusionado y el poliuretano proyectado superan el precio del aislamiento genérico, en el año 2018 solo es el poliestireno extrusionado el de mayor precio que el aislamiento genérico. Esto quiere decir que el XPS es el menos propicio para la vivienda.

Por otro lado, en el año 2013, los aislamientos térmicos más económicos eran la lana mineral (LM) y el poliestireno expandido (EPS), destacando este último por ofrecer un menor espesor, por lo que la mejor elección en el año 2013 era el poliestireno expandido.

Analizando el año 2018 se observa que el poliestireno extrusionado (XPS) sigue siendo el más caro, incluso aumentando la diferencia de precio con los demás aislantes, seguido

de la lana mineral (LM) y el poliestireno expandido (EPS), que mantienen las mismas diferencias que en el año 2013.

El aislamiento térmico más económico en el año 2018 con respecto a su espesor y precio es el poliuretano proyectado (PUR), ya que con un espesor muy por debajo de la lana mineral y el poliestireno extrusionado, obtiene un precio muy similar. Además, destacando que es un aislamiento continuo y carece de juntas, puede ser el más propicio con respecto a su calidad y precio.

A continuación, y para cuantificar la modificación producida en el precio tras el paso del DB HE 2013 al DB HE 2018, se han expresado las variaciones de precio en porcentajes, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 46 Variación de precio entre el DB HE 2013 y el 2018

	Incremento de precio por metro cuadrado del DB HE 2013 al 2018 (%)
Poliestireno extrusionado (XPS)	50,00
Lana mineral (LM)	54,60
Poliestireno expandido (EPS)	55,65
Poliuretano proyectado (PUR)	30,62
Aislamiento Genérico	46,55

Fuente: Elaboración propia

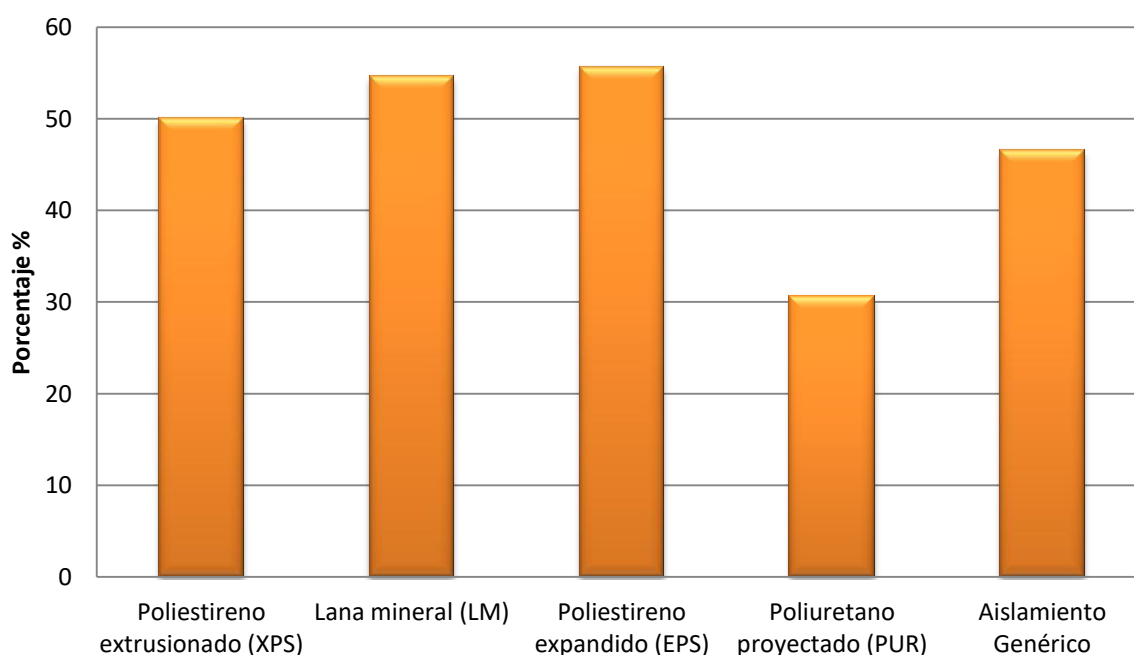


Fig 98 Variación de precio entre el DB HE 2013 y el 2018

Fuente: catálogos de www.bricomart.es , www.herrerocons.es y elaboración propia

A simple vista se observa que los aislamientos que, con anterioridad han sido analizados como los más baratos, son los que más variación de precio han sufrido, siendo el caso de la lana mineral y el poliestireno expandido aquellos con mayor variación.

Es de destacar que, aunque el poliestireno extrusionado sigue siendo el más caro de todos, no ha sufrido un aumento de precio tan elevado como los otros dos.

El aislamiento menos afectado tras la modificación del DB HE 2013 es el poliuretano proyectado, ya que, únicamente se encarece el precio en un 30%. Esto se debe a lo descrito con anterioridad, de manera que la diferencia de precio entre espesores de poliuretano es mínima. La mayor parte del coste del poliuretano forma parte de los medios necesarios para su proyección.

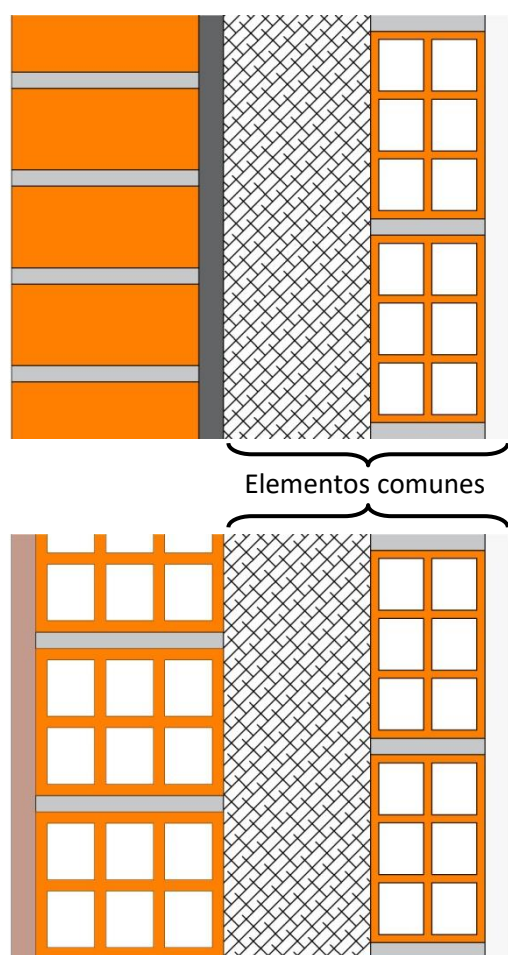


Fig 99 Comparación de las secciones

Fuente: elaboración propia

Una vez conocidas las variaciones producidas tras la actualización del DB HE, se estudian las secciones para comprobar cuales son más caras y cuales más económicas.

Como se muestra en la Fig 99, existen unos elementos comunes en ambas fachadas, siendo el aislamiento térmico, la hoja interior y el revestimiento interior.

Por otro lado, el revestimiento exterior de la fachada revestida es un mortero monocapa, mientras que el revestimiento interior de la fachada caravista es un mortero de cemento.

De esta manera, dado que la única diferencia radica en la hoja principal de la fachada, se va a analizar el precio de la hoja principal con su respectivo aislamiento térmico, con la finalidad de conocer cuál es la tipología constructiva más económica o más eficiente.

Para conocer el precio del ladrillo caravista se ha accedido a la empresa multinacional BricoMart, especializada en la venta al por menor de artículos de construcción y reforma.



Para una fachada caravista, el ladrillo seleccionado es el que viene definido a continuación:

Tabla 47 Características ladrillo caravista

PRODUCTO	PRECIO	MEDIDAS (cm)
LADRILLO CARAVISTA ROJO HIDRÓFUGO 24x12x5cm 	0,22 € sin IVA 0,27 € 0,27 € / Pieza EN STOCK	

Fuente: www.bricomart.es y elaboración propia

La elección del ladrillo hueco triple viene facilitada por la empresa española HerreroCons, dedicada a todo tipo de materiales de construcción con excelentes prestaciones.



Para una fachada revestida, el ladrillo seleccionado es el que viene definido a continuación:

Tabla 48 Características ladrillo hueco triple

PRODUCTO	PRECIO	MEDIDAS (cm)
LADRILLO HUECO TRIPLE 24x11x11 P288 	0,14 € sin IVA 0,17 € 0,17 € / Pieza EN STOCK	

Fuente: www.herrerocons.es y elaboración propia

Conociendo las hojas principales de ambas secciones, se procede a calcular la cantidad de ladrillos por metro cuadrado para la elaboración de las tipologías constructivas de la vivienda sometida a estudio. El resultado es el siguiente:

Tabla 49 Cantidad de ladrillos necesarios en cada fachada

	Superficie ladrillo (m ²)	Cantidad de ladrillos en 1m ² (ud)
Fachada caravista	$0,25 \cdot 0,6 = 0,015$	66,67
Fachada para revestir	$0,25 \cdot 0,12 = 0,03$	33,33

Fuente: catálogos de www.bricomart.es, www.herrerocons.es y elaboración propia.

Como se observa, el número de unidades de ladrillo caravista por metro cuadrado es el doble que de ladrillo hueco triple, dando lugar a una mayor velocidad de trabajo.

A continuación viene definido el precio de cada una de las tipologías constructivas:

Tabla 50 Precio de la hoja principal de las fachadas

	Precio ladrillo (€/ud)	Cantidad de ladrillos en 1m ² (ud)	Precio total (€/m ²)
Fachada caravista	0,27	66,67	18,00
Fachada para revestir	0,17	33,33	5,67

Fuente: catálogos de www.bricomart.es, www.herrerocons.es y elaboración propia.

Una vez obtenidos los precios de los distintos tipos de ladrillos, se procede a calcular el precio de un metro cuadrado de fachada, de todas aquellas tipologías constructivas analizadas con anterioridad, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 51 Precio de cada una de las tipologías constructivas según DB HE 2018

		Precio hoja principal (€/m ²)	Precio revestimiento o de mortero (€/m ²)	Precio Aislamiento térmico (€/m ²)	Precio hoja interior Ladrillo hueco (€/m ²)	Precio enlucido de yeso (€/m ²)	Precio final (€/m ²)
1	CV + XPS + LH	18,00	15,71	16,8	18,51	7,27	76,29
2	CV + LM + LH			6,14			65,63
3	CV + EPS + LH			6,72			66,21
4	CV + PUR + LH			7,38			66,87
9	CV + AISL + LH			7,97			67,46
5	LHT + XPS + LH	5,67	25,96	16,8	18,51	7,27	74,21
6	LHT + LM + LH			6,14			63,55
7	LHT + EPS + LH			6,72			64,13
8	LHT + PUR + LH			7,38			64,79
10	LHT + AISL + LH			7,97			65,38

Fuente: catálogos de www.bricomart.es, www.herrerocons.es y www.generadordeprecios.com

Tal y como se ve en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las secciones 9 y 10 son aquellas estudiadas con un aislamiento genérico de 0,032W/mK y sirven de comparación con otros aislamientos.

En primer lugar se observa que solo hay unos valores que sobrepasan el aislamiento genérico, y son las secciones con aislamiento de poliestireno extrusionado.

Esto ya se ha calculado con anterioridad, pero es destacable el elevado precio de una fachada caravista con aislamiento de XPS.

Con respecto a las demás secciones, el precio está por debajo del aislamiento genérico, por lo que son aislamientos bastante efectivos y económicos.

Por último, y dado que el ladrillo para revestir es más económico que el caravista, la opción más económica en el caso de la vivienda analizada es aquella formada por una hoja principal de ladrillo hueco triple y aislamiento térmico de lana mineral.

A continuación se calcula el precio total de la vivienda sometida a estudio, es decir, el precio final de todos los componentes de sus cuatro fachadas, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 52 Precio final de las fachadas de la vivienda sometida a estudio

		Precio (€/m ²)	Superficie (m ²)	Precio final (€)
1	CV + XPS + LH	76,29	143,1	10.917,10
2	CV + LM + LH	65,63		9.391,65
3	CV + EPS + LH	66,21		9.474,65
4	CV + PUR + LH	66,87		9.569,10
9	CV + AIS + LH	67,46		9.653,526
5	LHT + XPS + LH	74,21	143,1	10.619,45
6	LHT + LM + LH	63,55		9.094,01
7	LHT + EPS + LH	64,13		9.177,00
8	LHT + PUR + LH	64,79		9.271,45
10	LHT + AIS + LH	65,38		9.355,88

Fuente: catálogos de www.bricomart.es , www.herrerocons.es y www.generadordeprecios.com

10.-CONCLUSIONES

Una vez finalizado el estudio energético de la vivienda, se llega a la conclusión de la importancia de conocer los materiales utilizados como aislamiento térmico.

En ellos influye su característica principal, la conductividad térmica. Dicha conductividad es el factor que permite una mayor o menor transmisión de energía, al igual que su espesor. El espesor del aislante dependerá directamente de los huecos que existan en los cerramientos de fachada, ya que a mayor número de cerramientos en una misma vivienda, mayor espesor de aislante. Esto quiere decir que, no es lo mismo dimensionar el espesor del aislante de una planta baja que de una vivienda de tras plantas ubicada en el mismo lugar.

Es por ello que después de haber acabado el estudio, se conoce cuales son los materiales más convenientes para su colocación en fachada, al igual que cuales son los más económicos.

En primer lugar, destaca como aislante térmico más eficiente el poliuretano proyectado, ya que permite su colocación sin juntas y, además, es el material que menos variación de precio produce tras la aplicación del nuevo DB HE 2018, tal y como se ha cuantificado en la Fig 98.

Económicamente hablando, en la vivienda sometida a estudio, no es el aislamiento más económico de todos, por lo que destacan otros materiales, como son la lana mineral y el poliestireno expandido.

Entre estos dos, hay una pequeña diferencia de precio, pero una elevada diferencia de conductividad térmica. Mientras que la lana mineral posee una conductividad térmica de $0,038\text{W/mK}$, el poliestireno expandido tiene una de $0,032\text{W/mK}$. Esto se traduce a los resultados obtenidos en los Anexos, ya que las demandas y consumos de calefacción son mayores en el poliestireno expandido que en la lana mineral.

De esta manera, el material más conveniente, y que mejor comportamiento produce frente a la eficiencia energética es la lana mineral con una conductividad térmica de $0,038\text{W/mK}$. Además coincide con ser el más barato de todos los analizados con anterioridad, con un precio de $6,72\text{€/m}^2$, tal y como viene definido en la Tabla 45.

Es muy importante tener en cuenta que, pese a ser el material más conveniente en estos momentos, es el que mayor subida de precio ha sufrido tras la modificación del nuevo DB HE 2018 según la Fig 98. Esto quiere decir que si surgiera una nueva actualización en la que se mejorasen unas nuevas exigencias, dicho material posiblemente dejara de ser el más económico, pudiendo ser este el poliuretano proyectado. El caso del poliuretano es difícil que ocurra, ya que por el momento está reduciéndose su utilización debido a su elevado grado de combustión. Esto traería

consigo una protección del aislamiento, que elevaría el coste del mismo, y por lo tanto dejaría de ser rentable.

En definitiva, y tras haber analizado el comportamiento de los materiales, sus características, espesores y cumplimiento de la normativa, la fachada más económica y más eficiente en términos energéticos de todas aquellas analizadas es la fachada revestida con aislamiento de lana mineral de $0,038\text{W/mK}$ con un precio del aislamiento de $6,14\text{€/m}^2$.



Fig 100 Lana mineral

Fuente: catálogo comercial Ursa

Por último, en la Fig 101 y Fig 102 vienen definidas unas gráficas con los precios de todas las secciones analizadas en la vivienda tipo diseñada para este TFG, permitiendo cuantificar los resultados.

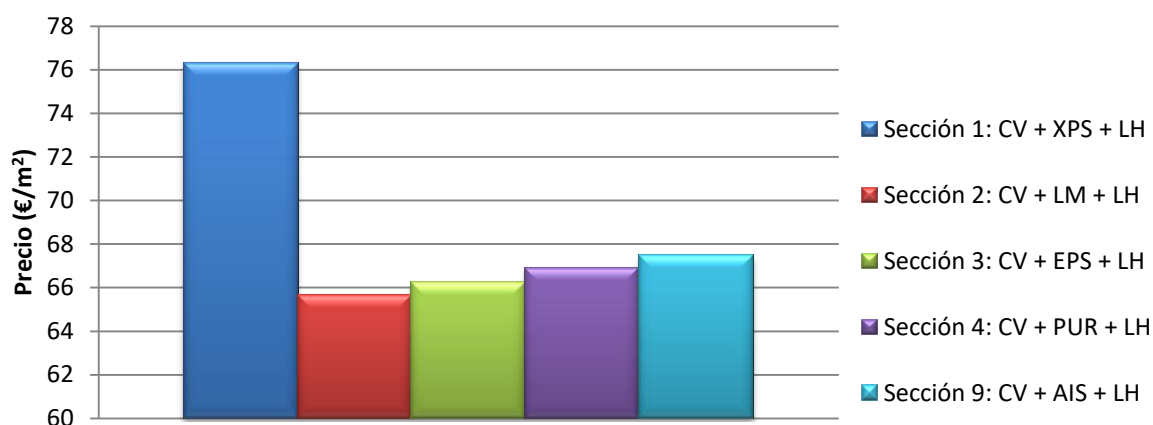


Fig 101 Precio de las fachadas caravista según DB HE 2018

Fuente: catálogos de www.bricomart.es, www.herrerocons.es y www.generadordeprecios.com

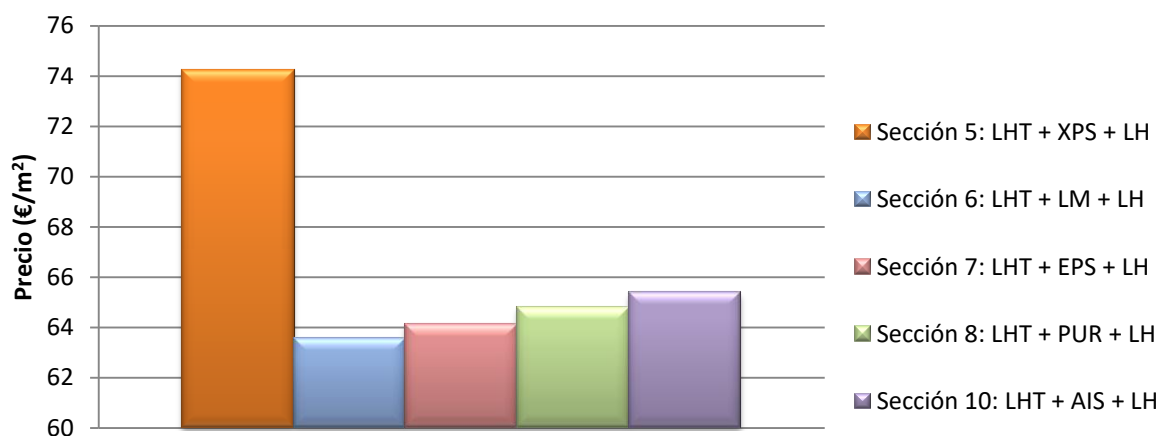


Fig 102 Precio de las fachadas revestidas según DB HE 2018

Fuente: catálogos de www.bricomart.es, www.herrerocons.es y www.generadordeprecios.com

En estas dos gráficas se observa que cualquier fachada en la que el aislamiento sea de poliestireno extrusionado (XPS), será mucho más cara que cualquier otra, alcanzando un máximo de 76,29€/m² en una fachada caravista, mientras escogiendo un aislamiento de lana mineral, el precio va a ser el más económico, siendo de 63,55€/m² de fachada revestida con aislamiento térmico de lana mineral.

Pese a que el DB HE está en continua actualización, es importante conocer que una mejora a nivel energético de una vivienda, trae consigo una subida de precio considerable en la actualidad.

Quizá en unos años aparezcan nuevos materiales, más económicos y con las mismas o mejores propiedades que los que existen en la actualidad.

11.-BIBLIOGRAFÍA

- Aislamientos - Grupo Valero. (2019). Retrieved May 17, 2019, from <https://www.grupovalero.com/productos/soluciones-constructivas/aislamientos/>
- Alonso Monterde, M. (Instituto Valenciano de la Edificación (2011). Zonificación climática de la Comunitat Valenciana por municipios (CTE-HE1), 1–26.
- Bejerano, P. G. (2013). Cómo ha cambiado el consumo de energía desde el siglo XVIII. Retrieved June 11, 2019, from <https://blogthinkbig.com/consumo-de-energia-siglo-xviii>
- Borges Serradell, E. (2018). La cubierta verde como alternativa económica y sostenible a las cubiertas convencionales. Retrieved from <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/79788#.XGWXwl2kzZw.mendeley>
- Candela, C., & Milla, S. (2010). Libro blanco del Poliuretano Proyectado. *Asociación Técnica Del Poliuretano Aplicado*, 3.2. Retrieved from <http://www.iedar.es/pdf/Libro-Blanco-del-Azucar-Indice-Interactivo.pdf>
- Certicalia. (2013). Tipos de aislamientos térmicos. Retrieved March 28, 2019, from <https://www.certicalia.com/blog/tipos-de-aislamientos-termicos>
- Curso online de HULC, Herramienta Unificada Lider Calener. - rbcingenieros. (2018). Retrieved November 17, 2018, from <https://www.rbcingenieros.com/rbc-formacion/curso-online-de-certificacion-energetica-de-edificios-hulc-herramienta-unificada-lider-calener>
- Eco-Lógicos. (2012). Qué es la envolvente térmica de un edificio y qué elementos la componen | eco-Lógicos. Retrieved March 21, 2019, from <http://eco-logicos.es/2012/03/que-es-la-envolvente-termica-de-un-edificio-casa-o-vivienda-y-sus-elementos/>
- EcoGreenHome. (2012). Lana mineral, el mejor aislante térmico. Retrieved March 22, 2019, from <https://ecogreenhome.es/para-que-se-usa-la-lana-mineral/>
- Europ, U. (1976). NACIONAL Y AISLAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICACIÓN " Apenas hace 10 años que , en los países más desarrollados de la Europa Occidental , aparecieron los primeros reglamentos y directrices referentes a las exigencias térmicas mínimas que debían cumplir los cerr, 28.
- Gamas | Ursa. (2019). Retrieved May 13, 2019, from <https://www.ursa.es/es-es/productos/paginas/gamas.aspx>
- Giraldo O, Y. (2014). Tipología Constructiva.
- Mario. (n.d.). GRUPO CLIMA | Aislamientos e impermeabilizaciones. Retrieved May 11, 2019, from <http://aislamientosmario.com/>
- Marlo, C. (2013). Tipología constructiva. Retrieved from http://www.ceramicamarlo.com/es/soluciones-constructivas-detalle.asp?id_producto=1
- Martín, P. P., Asefave, D., Arroyo, I. G., & Asefave, D. T. De. (2015). La eficiencia energética de los edificios , a través del estudio de su envolvente, 8–12.

- Menéndez, R. (2011). *Editorial CSIC : Libro : Energía sin CO2. Realidad o utopía*. Madrid. Retrieved from <https://editorial.csic.es/publicaciones/libros/12037/978-84-00-09332-7/energia-sin-co2-realidad-o-utopia.html>
- Ministerio de Fomento. (2013). Documento Básico HE 2013. *Septiembre, 2013*, 1–129. Retrieved from <http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/DBHE.pdf>
- Ministerio de Fomento. (2016). Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE. *Documento de Bases Para La Actualización Del Documento Básico DB-HE*, (diciembre 2016), 1–13. Retrieved from https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentos-complementarios/353-documento-de-bases-dbhe.html%0Ahttps://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/Documento_de_bases_HE2018.pdf
- Ministerio de Fomento. (2018). Documento Basico HE. *Junio*.
- Palomo Cano, M. (2017). Trabajo Fin De Grado Aula 4 Tfg. Retrieved from http://oa.upm.es/47071/1/TFG_Palomo_Cano_Marta.pdf
- Rockwool. (n.d.). Liberamos la energía natural de la roca Cómo la energía natural de la roca enriquece la vida moderna.
- Sánchez, Ó. (2018). ¿Qué materiales ganan y pierden con el nuevo Código Técnico de la Edificación? - Noticias de Construcción en Alimarket, información económica sectorial. Retrieved March 21, 2019, from <https://www.alimarket.es/construccion/noticia/259073/-que-materiales-ganan-y-pierden-con-el-nuevo-codigo-tecnico-de-la-edificacion->
- Synthesia Technology. (2018). Principales cambios del nuevo CTE DB-HE 2018. Retrieved March 21, 2019, from <https://blog.synthesia.com/es/cambios-nuevo-cte-db-he-2018>

12.-ANEXOS

Una vez finalizado el trabajo, se exponen aquellos datos facilitados por el programa Hulc en dos versiones: la del año 2013 con su antigua normativa, y la del año 2018, con la reciente actualización.

Las siguientes tablas muestran los resultados reales de las demandas, consumos y emisiones, obtenidos tras el análisis de cada una de las secciones constructivas definidas con anterioridad.

En estos anexos se observan los principales cambios con respecto a cada una de las demandas y consumos producidos tras la aplicación del nuevo DB HE 2018 (Ministerio de Fomento, 2018).

12.1.-SECCIÓN 1 CON POLIESTIRENO EXTRUSIONADO (XPS)**CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013**

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	25,4	3809,7
Refrigeración	4,4	663,8
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,6	4144,2
Refrigeración	2,2	331,9
ACS	8,8	1318,5
Global	38,6	5794,6
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,9	4189,8
Refrigeración	5,8	863,9
ACS	22,9	3432,1
Global	56,6	8485,8
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,6	845,4
Refrigeración	1,4	215,4
ACS	5,7	855,7
Global	12,8	1916,5

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,6	546,0
Refrigeración	5,0	744,2
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,0	593,5
Refrigeración	2,5	372,1
ACS	17,7	2648,3
Global	24,1	3613,9
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,7	706,3
Refrigeración	4,9	727,1
ACS	34,5	5174,8
Global	44,1	6608,2
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	149,6
Refrigeración	0,8	123,2
ACS	5,8	876,6
Global	7,7	1149,3

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.2.-SECCIÓN 2 CON LANA MINERAL (LM)

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,0	3897,4
Refrigeración	4,4	663,7
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,3	4239,5
Refrigeración	2,2	331,8
ACS	8,8	1318,5
Global	39,3	5889,9
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,6	4286,2
Refrigeración	5,8	863,3
ACS	22,9	3432,1
Global	57,2	8582,1
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,8	864,9
Refrigeración	1,4	215,4
ACS	5,7	855,7
Global	12,9	1936,0

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,4	515,6
Refrigeración	5,0	745,1
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,7	560,4
Refrigeración	2,5	372,6
ACS	17,7	2648,3
Global	23,9	3581,3
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,5	666,9
Refrigeración	4,9	728,0
ACS	34,5	5174,8
Global	43,8	6569,7
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	0,9	141,2
Refrigeración	0,8	123,3
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1141,1

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.3.-SECCIÓN 3 CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,6	3982,4
Refrigeración	4,4	663,8
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,9	4332,0
Refrigeración	2,2	331,9
ACS	8,8	1318,5
Global	39,9	5982,4
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	29,2	4379,7
Refrigeración	5,8	864,0
ACS	22,9	3432,1
Global	57,8	8675,7
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,9	883,7
Refrigeración	1,4	215,4
ACS	5,7	855,7
Global	13,0	1954,9

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,6	537,2
Refrigeración	5,0	744,7
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,9	583,9
Refrigeración	2,5	372,4
ACS	17,7	2648,3
Global	24,0	3604,6
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,6	694,8
Refrigeración	4,9	727,6
ACS	34,5	5174,8
Global	44,0	6597,2
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	147,1
Refrigeración	0,8	123,3
ACS	5,8	876,6
Global	7,7	1147,0

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.4.-SECCIÓN 4 CON POLIURETANO PROYECTADO (PUR)

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	25,1	3764,8
Refrigeración	4,4	663,8
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,3	4095,3
Refrigeración	2,2	331,9
ACS	8,8	1318,5
Global	38,3	5745,8
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,6	4140,4
Refrigeración	5,8	863,9
ACS	22,9	3432,1
Global	56,2	8436,4
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,6	835,5
Refrigeración	1,4	215,4
ACS	5,7	855,7
Global	12,7	1906,6

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,5	525,0
Refrigeración	5,0	744,8
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,8	570,6
Refrigeración	2,5	372,4
ACS	17,7	2648,3
Global	23,9	3591,4
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,5	679,1
Refrigeración	4,9	727,7
ACS	34,5	5174,8
Global	43,9	6581,6
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	143,8
Refrigeración	0,8	123,3
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1143,7

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.5.-SECCIÓN 5 CON POLIESTIRENO EXTRUSIONADO (XPS)**CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013**

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	25,2	3782,6
Refrigeración	4,4	664,5
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,4	4114,8
Refrigeración	2,2	332,2
ACS	8,8	1318,5
Global	38,4	5765,5
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,7	4160,0
Refrigeración	5,8	864,8
ACS	22,9	3432,1
Global	56,4	8457,0
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,6	839,4
Refrigeración	1,4	215,6
ACS	5,7	855,7
Global	12,7	1910,8

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,6	537,3
Refrigeración	5,0	742,6
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,9	584,0
Refrigeración	2,5	371,3
ACS	17,7	2648,3
Global	24,0	3603,6
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,6	694,9
Refrigeración	4,8	725,5
ACS	34,5	5174,8
Global	44,0	6595,3
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	147,2
Refrigeración	0,8	122,9
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1146,7

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.6.-SECCIÓN 6 CON LANA MINERAL (LM)

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	25,8	3868,2
Refrigeración	4,4	664,5
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,1	4207,8
Refrigeración	2,2	332,2
ACS	8,8	1318,5
Global	39,1	5858,6
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,4	4254,1
Refrigeración	5,8	864,8
ACS	22,9	3432,1
Global	57,0	8551,0
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,7	858,4
Refrigeración	1,4	215,6
ACS	5,7	855,7
Global	12,9	1929,7

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,4	508,0
Refrigeración	5,0	745,2
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,7	552,2
Refrigeración	2,5	372,6
ACS	17,7	2648,3
Global	23,8	3573,1
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,4	657,1
Refrigeración	4,9	728,0
ACS	34,5	5174,8
Global	43,7	6560,0
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	0,9	139,2
Refrigeración	0,8	123,3
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1139,1

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.7.-SECCIÓN 7 CON POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)**CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013**

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,3	3951,1
Refrigeración	4,4	664,8
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,7	4298,0
Refrigeración	2,2	332,4
ACS	8,8	1318,5
Global	39,7	5948,9
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	29,0	4345,2
Refrigeración	5,8	865,2
ACS	22,9	3432,1
Global	57,6	8642,6
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,9	876,8
Refrigeración	1,4	215,7
ACS	5,7	855,7
Global	13,0	1948,2

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,5	529,1
Refrigeración	5,0	744,9
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,8	575,1
Refrigeración	2,5	372,4
ACS	17,7	2648,3
Global	24,0	3595,9
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,6	684,4
Refrigeración	4,9	727,7
ACS	34,5	5174,8
Global	43,9	6587,0
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	144,9
Refrigeración	0,8	123,3
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1144,8

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.8.-SECCIÓN 8 CON POLIURETANO PROYECTADO (PUR)

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	25,7	3852,2
Refrigeración	4,5	670,4
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	27,9	4190,4
Refrigeración	2,2	335,2
ACS	8,8	1318,5
Global	39,0	5844,1
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,2	4236,4
Refrigeración	5,8	872,6
ACS	22,9	3432,1
Global	56,9	8541,1
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,7	854,8
Refrigeración	1,5	217,6
ACS	5,7	855,7
Global	12,9	1928,1

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,5	517,0
Refrigeración	5,0	744,9
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,8	562,0
Refrigeración	2,5	372,5
ACS	17,7	2648,3
Global	23,9	3582,8
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,5	668,7
Refrigeración	4,9	727,8
ACS	34,5	5174,8
Global	43,8	6571,4
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	0,9	141,6
Refrigeración	0,8	123,3
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1141,5

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.9.-SECCIÓN 9 CON AISLAMIENTO GENÉRICO**CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013**

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,6	3981,9
Refrigeración	4,4	663,6
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	38,9	4331,6
Refrigeración	2,2	331,8
ACS	8,8	1318,5
Global	39,9	5981,9
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	29,2	4379,2
Refrigeración	5,8	863,7
ACS	22,9	3432,1
Global	57,8	8675,0
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,9	883,6
Refrigeración	1,4	215,3
ACS	5,7	855,7
Global	13,0	1954,7

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,6	536,5
Refrigeración	5,0	744,5
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,9	583,2
Refrigeración	2,5	372,2
ACS	17,7	2648,3
Global	24,0	3603,7
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,6	694,0
Refrigeración	4,9	727,3
ACS	34,5	5174,8
Global	44,0	6596,1
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	147,0
Refrigeración	0,8	123,2
ACS	5,8	876,6
Global	7,7	1146,8

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018

12.10.- SECCIÓN 10 CON AISLAMIENTO GENÉRICO

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2013

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	26,3	3950,6
Refrigeración	4,4	664,5
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	28,7	4297,4
Refrigeración	2,2	332,2
ACS	8,8	1318,5
Global	39,7	5948,2
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	29,0	4344,7
Refrigeración	5,8	864,8
ACS	22,9	3432,1
Global	57,6	8641,6
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	5,9	876,7
Refrigeración	1,4	215,6
ACS	5,7	855,7
Global	13,0	1948,0

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2013

CONSUMO Y DEMANDA AÑO 2018

Demandas	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,5	528,3
Refrigeración	5,0	744,6
Consumos Energía Final	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	3,8	574,2
Refrigeración	2,5	372,3
ACS	17,7	2648,3
Global	24,0	3594,8
Consumos Energía Primaria No Renovable	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	4,6	683,3
Refrigeración	4,9	727,4
ACS	34,5	5174,8
Global	43,9	6585,6
Emisiones	Edificio Objeto	
	kWh/m ² año	kWh/año
Calefacción	1,0	144,7
Refrigeración	0,8	123,2
ACS	5,8	876,6
Global	7,6	1144,5

Fuente: datos extraídos del programa Hulc 2018